



Serviço Público Federal

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO

Portaria n.º 181 , de 21 de maio de 2010.

## CONSULTA PÚBLICA

**OBJETO:** Revisão do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

**ORIGEM:** Inmetro / MDIC.

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO, no uso de suas atribuições, conferidas no § 3º do artigo 4º da Lei n.º 5.966, de 11 de dezembro de 1973, no inciso I do artigo 3º da Lei n.º 9.933, de 20 de dezembro de 1999, e no inciso V do artigo 18 da Estrutura Regimental da Autarquia, aprovada pelo Decreto n.º 6.275, de 28 de novembro de 2007, resolve:

Art. 1º Disponibilizar, no sítio [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br), a proposta de texto da Portaria Definitiva e da revisão do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

Art. 2º Declarar aberto, a partir da data da publicação desta Portaria no Diário Oficial da União, o prazo de 30 (trinta) dias para que sejam apresentadas sugestões e críticas relativas aos textos propostos.

Art. 3º Informar que as críticas e sugestões a respeito dos textos supramencionados deverão ser encaminhadas para os seguintes endereços:

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro  
Diretoria da Qualidade - Dqual  
Divisão de Programas de Avaliação da Conformidade – Dipac  
Rua Santa Alexandrina, 416 – 8º andar – Rio Comprido  
CEP 20261-232 – Rio de Janeiro – RJ, ou  
E-mail: [dipac.consultapublica@inmetro.gov.br](mailto:dipac.consultapublica@inmetro.gov.br)

Art. 4º Estabelecer que, findo o prazo estipulado no artigo 2º desta Portaria, o Inmetro se articulará com as entidades que tenham manifestado interesse na matéria, para que indiquem representantes nas discussões posteriores, visando à consolidação do texto final.

Art. 5º Publicar esta Portaria de Consulta Pública no Diário Oficial da União, quando iniciará a sua vigência.

JOÃO ALZIRO HERZ DA JORNADA



## **PROPOSTA DE TEXTO DE PORTARIA DEFINITIVA**

O PRESIDENTE DO INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO, no uso de suas atribuições, conferidas no § 3º do artigo 4º da Lei n.º 5.966, de 11 de dezembro de 1973, no inciso I do artigo 3º da Lei n.º 9.933, de 20 de dezembro de 1999, e no inciso V do artigo 18 da Estrutura Regimental da Autarquia, aprovada pelo Decreto n.º 6.275, de 28 de novembro de 2007;

Considerando a alínea *f* do subitem 4.2 do Termo de Referência do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade, aprovado pela Resolução Conmetro n.º 04, de 02 de dezembro de 2002, que atribui ao Inmetro a competência para estabelecer as diretrizes e critérios para a atividade de avaliação da conformidade;

Considerando a necessidade de zelar pela eficiência energética dos edifícios comerciais, de serviços e públicos;

Considerando a necessidade de estabelecer requisitos mínimos de desempenho para os edifícios comerciais, de serviços e públicos;

Considerando a necessidade de estabelecer regras equânimes e de conhecimento público para os segmentos de projeto e construção de edifícios comerciais, de serviços e públicos;

Considerando a necessidade de atualização do Programa de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, resolve baixar as seguintes disposições:

Art. 1º Aprovar a revisão do Regulamento Técnico da Qualidade-RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, disponibilizado no sítio [www.inmetro.gov.br](http://www.inmetro.gov.br) ou no endereço abaixo:

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro  
Divisão de Programas de Avaliação da Conformidade – Dipac  
Rua Santa Alexandrina n.º 416 - 8º andar – Rio Comprido  
20261-232 Rio de Janeiro/RJ

Art. 2º Cientificar que a Consulta Pública que deu origem à aprovação dos critérios técnicos expressos no RTQ para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, foi divulgada pela Portaria Inmetro n.º xxx, de xx de xxxxxx de xxxx, publicada no Diário Oficial da União de xx de xxx de xxxxxxxx, seção xx, página xx.

Art. 3º Cientificar que a obrigatoriedade de observância aos critérios técnicos fixados no RTQ ora aprovado será definida em Portaria de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, a ser divulgada pelo Inmetro.



Serviço Público Federal

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO

Art. 4º Revogar a Portaria Inmetro n.º 163, de 08 de junho de 2009, publicada no Diário Oficial da União de 10 de junho de 2009, seção 01, página 78.

Art. 5º Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação no Diário Oficial da União.

JOÃO ALZIRO HERZ DA JORNADA



## ÍNDICE

1.	Definições, Símbolos e Unidades .....	4
2.	Introdução .....	11
2.1.	Objetivo .....	11
2.2.	Procedimento de determinação da eficiência .....	11
2.3.	Bonificações .....	15
2.4.	Pré-requisitos Gerais .....	16
2.5.	Pré-requisitos Específicos .....	17
3.	Envoltória .....	18
3.1.	Pré-requisitos específicos .....	18
3.1.1.	Nível A.....	18
3.1.1.1	Transmitância térmica.....	18
3.1.1.2	Cores e absorvância de superfícies .....	19
3.1.1.3	Iluminação zenital.....	19
3.1.2.	Nível B.....	19
3.1.2.1	Transmitância térmica.....	19
3.1.2.2	Cores e absorvância de superfícies .....	20
3.1.3.	Níveis C e D: Transmitâncias térmicas .....	20
3.1.4.	Procedimentos de cálculo da transmitância térmica, cores e absorvâncias das superfícies .....	21
3.1.4.1	Transmitância térmica.....	21
3.1.4.2	Cores e absorvância de superfícies .....	21
3.2.	Procedimento de determinação da eficiência .....	22
4.	Sistema de Iluminação.....	28
4.1.	Pré-requisitos específicos .....	28
4.1.1.	Divisão dos circuitos.....	29
4.1.2.	Contribuição da luz natural.....	29
4.1.3.	Desligamento automático do sistema de iluminação.....	29
4.2.	Procedimento de determinação da eficiência .....	30
4.2.1.	Método da área do edifício .....	31

4.2.2. Método das atividades do edifício .....	33
5. Sistema de Condicionamento de Ar .....	37
5.1. Pré-requisito específico .....	37
5.2. Procedimento de determinação da eficiência .....	38
5.3. Condicionadores de ar do tipo janela e do tipo <i>Split</i> (para instalação em paredes e/ou teto).....	38
5.3.1. Cálculo de carga térmica .....	38
5.3.2. Sistema de condicionamento de ar central.....	39
5.4. Sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo INMETRO ....	39
5.4.1. Cálculo de carga térmica .....	49
5.4.2. Controle de temperatura por zona.....	49
5.4.2.1 Geral.....	49
5.4.2.2 Faixa de temperatura de controle .....	50
5.4.2.3 Aquecimento suplementar .....	50
5.4.2.4 Aquecimento e resfriamento simultâneo .....	51
5.4.3. Sistema de desligamento automático.....	51
5.4.4. Isolamento de zonas.....	51
5.4.5. Controles e dimensionamento do sistema de ventilação .....	52
5.4.5.1 Controles de sistemas de ventilação para áreas com altas taxas de ocupação .....	54
5.4.5.2 Ciclo economizador .....	54
5.4.5.3 Sistemas de exaustão.....	54
5.4.5.4 Acionamento otimizado .....	55
5.4.6. Recuperação de calor .....	55
5.4.7. Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos.....	56
5.4.7.1 Sistemas de vazão de líquido variável .....	56
5.4.7.2 Isolamento de bombas.....	57
5.4.7.3 Controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente.....	57
5.4.8. Equipamentos de rejeição de calor .....	58
5.4.8.1 Geral.....	58
5.4.8.2 Controle de velocidade do ventilador .....	58
6. Simulação: .....	58
6.1. Pré-requisitos específicos .....	58
6.1.1. Programa de simulação.....	58
6.1.2. Arquivo climático .....	59

6.2.	Procedimentos para simulação .....	60
6.2.1.	Edifícios condicionados artificialmente .....	60
6.2.1.1	Características em comum para o Modelo do Edifício Real e de Referência .....	62
6.2.1.2	Modelo do Edifício Real .....	63
6.2.1.3	Modelo do Edifício de Referência .....	63
6.2.2.	Edifícios naturalmente ventilados ou não condicionados.....	65
7.	Normas Referenciadas .....	66

## **1. DEFINIÇÕES, SÍMBOLOS E UNIDADES**

### **1.1 Abertura**

Todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, clarabóias, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro) e paredes de blocos de vidro. Excluem-se vãos sem fechamentos e elementos vazados como cobogós.

### **1.2 Ambiente**

Espaço interno de um edifício, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas.

### **1.3 Ambiente de permanência prolongada**

Ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo escritórios, área de venda de mercadoria, salas de aulas, cozinhas, áreas de refeição, circulação de público em *shoppings centers* fechados, laboratórios, consultórios, saguões de entrada onde haja portaria ou recepção com ocupante, locais para prática de esportes, etc. Não são ambientes de permanência prolongada: garagens e estacionamentos, depósitos, despensas, banheiros, áreas de circulação em geral, áreas técnicas onde a ocupação não é freqüente, etc. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados.

### **1.4 Ambiente condicionado**

Ambiente fechado (incluindo fechamento por cortinas de ar) atendido por sistema de condicionamento de ar.

### **1.5 Área Condicionada (AC) (m<sup>2</sup>)**

Área de piso dos ambientes condicionados.

### **1.6 Área Não Condicionada (ANC) (m<sup>2</sup>)**

Área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de conforto conforme descrito no item seis deste RTQ. Ambientes não condicionados sem comprovação de conforto não são computados como ANC.

**1.7 Área de Permanência Transitória (APT) (m<sup>2</sup>)**

Área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados.

**1.8 Área de projeção da cobertura (A<sub>pcob</sub>) (m<sup>2</sup>)**

Área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos.

**1.9 Área de projeção do edifício (A<sub>pe</sub>) (m<sup>2</sup>)**

Área da projeção horizontal do edifício (quando os edifícios são de formato uniforme) ou área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos (no caso de edifícios com formato irregular).

**1.10 Área Útil (AU) (m<sup>2</sup>)**

Para uso neste RTQ, a área útil é a área realmente disponível para ocupação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens.

**1.11 Área total de piso (A<sub>tot</sub>) (m<sup>2</sup>)**

Soma das áreas de piso fechadas de construção, medidas externamente.

**1.12 Área da envoltória (A<sub>env</sub>) (m<sup>2</sup>)**

Soma das áreas das fachadas e empenas e da área de cobertura, incluindo a área das aberturas.

**1.13 Ângulos de sombreamento**

Ângulos que determinam a obstrução à radiação solar gerada pela proteção solar nas aberturas. No RTQ são usados dois ângulos: ângulo vertical de sombreamento (referente a proteções horizontais) e ângulo horizontal de sombreamento (referente a proteções verticais). O autossombreamento (sombreamento ocasionado pelo edifício sobre si mesmo) deve ser usado para cálculo dos ângulos de sombreamento. Já sombreamento proveniente do entorno (edifícios vizinhos e/ou acidentes geográficos) não pode ser usado no cálculo dos ângulos de sombreamento do método prescritivo. Entretanto, o sombreamento proveniente do entorno pode fazer parte do método de simulação (uso opcional) e, quando usado, deve ser incluído somente no modelo do edifício real.



**1.14 Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS)**

Ângulo formado entre dois planos que contêm a base da abertura:

- o primeiro é o plano vertical na base da folha de vidro (ou material translúcido).
- o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido).

**1.15 Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS)**

Ângulo formado entre dois planos verticais:

- o primeiro plano é o que contém a base da folha de vidro (ou material translúcido).
- o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro (ou material translúcido).

**1.16 Sistema de Condicionamento de ar (CA)**

Coberturas não aparentes: coberturas sem possibilidade de visualização por pedestres situados na calçada do logradouro do edifício. No caso do edifício ter acesso a mais de uma rua ou avenida, deve-se considerar o logradouro principal.

**1.17 Coeficiente de Performance (COP)**

Pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema sob condições operacionais projetadas. Para aquecimento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de aquecimento por bomba de calor, incluindo o compressor e, se aplicável, o sistema auxiliar de aquecimento, sob condições operacionais projetadas.

**1.18 Densidade de Potência de Iluminação (DPI) ( $W/m^2$ )**

Razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores e a área de um ambiente.

**1.19 Densidade de Potência de Iluminação Limite ( $DPI_L$ ) ( $W/m^2$ )**

Limite máximo aceitável de DPI.

### **1.20 Densidade de Carga Interna (DCI) ( $W/m^2$ )**

É aquela proporcionada pela ocupação dos ambientes ou edifício e pelo uso de equipamentos e da iluminação.

### **1.21 Edifícios comerciais, de serviços e públicos**

Edifícios públicos e/ou privados usados com finalidade que não a residencial ou industrial. São considerados comerciais, de serviços e públicos: escolas; instituições ou associações de diversos tipos, incluindo prática de esportes; tratamento de saúde de animais ou humanos, tais como hospitais, postos de saúde e clínicas; vendas de mercadorias em geral; prestação de serviços; bancos; diversão; preparação e venda de alimentos; escritórios e edifícios empresariais, de uso de entidades, instituições ou organizações públicas municipais, estaduais e federais, incluindo sedes de empresas ou indústrias, desde que não haja a atividade de produção nesta última; edifícios destinados à hospedagem, sejam eles hotéis, motéis, resorts, pousadas ou similares. As atividades listadas nesta definição não excluem outras não listadas.

### **1.22 Energy Efficiency Ratio (EER)**

A razão entre a capacidade total de resfriamento (em Btu/h) e a potência requerida (em W) sob condições operacionais estabelecidas.

### **1.23 Envoltória (Env)**

Planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem.

### **1.24 Fator Altura (FA)**

Razão entre a área de projeção da cobertura e a área de piso ( $A_{pcob}/A_{tot}$ ).

### **1.25 Fator de Forma (FF)**

Razão entre a área da envoltória e o volume do edifício ( $A_{env}/V_{tot}$ ).

### **1.26 Fachada**

Superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal. Inclui as superfícies opacas, paredes, translúcidas, transparentes e vazadas, como cobogós e vãos de entrada.

### **1.27 Fachada oeste**

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 270° em sentido horário a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variar de +45° ou -45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas oeste para uso neste RTQ.

### **1.28 Fator Solar (FS)**

Razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator solar considerado será relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura. A ISO 15099: 2003 e a ISO 9050: 2003 apresentam procedimentos de cálculos normalizados para o FS e outros índices de desempenho energético de vidros e janelas. A NFRC 201:2004 apresenta procedimentos e especificações técnicas normalizadas para aplicação de um método calorimétrico de medição de ganho de calor solar em janelas.

### **1.29 Heating Seasonal Performance Factor (HSPF)**

Segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor fornecido por uma bomba de calor durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano (em Wh) e a energia elétrica total durante o mesmo período.

### **1.30 IC<sub>env</sub>**

Indicador de Consumo da envoltória.

### **1.31 Integrated part-load value (IPLV)**

Número de um dígito baseado em COP, ou kW/TR expressando eficiência em carga parcial para equipamento de condicionamento de ar e bomba de calor na base de pesos ponderados de operação a várias capacidades de carga.

### **1.32 Padrão de uso (PU) (h)**

Horas e taxas de ocupação e operação do edifício. Horas de ocupação interna, horas em que um sistema de condicionamento de ar está ligado ou horas em que um edifício é utilizado.

### **1.33 Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (PAF<sub>O</sub>) (%)**

É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, da fachada oeste e a área da fachada oeste.

### **1.34 Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAF<sub>T</sub>) (%)**

É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a aberturas em paredes verticais com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal, tais como janelas tradicionais, portas de vidro ou *sheds*, mesmo sendo estes últimos localizados na cobertura. Exclui área externa de caixa d'água no cômputo da área de fachada, mas inclui a área da caixa de escada até o ponto mais alto da cobertura (cumeeira). Neste RTQ, sua inserção nas equações 3.3 a 3.12 deve ser sob forma de fração (0 a 1).

### **1.35 Paredes externas**

Superfícies opacas que delimitam o interior do exterior da edificação; esta definição exclui as aberturas.

### **1.36 Percentual de Abertura Zenital (PAZ) (%)**

Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura. Acima desta inclinação, ver PAF<sub>T</sub>.

### **1.37 Percentual de horas Ocupadas em Conforto (POC)**

Razão entre as horas ocupadas com comprovação de conforto e total de horas ocupadas.

### **1.38 Pontuação Total (PT)**

Pontuação total alcançada pelo edifício, determinada pela equação 2.1.

### **1.39 *Seasonal Coefficient of Performance* (SCOP)**

Pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor removido por um condicionador de ar durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica total consumida no mesmo período. Para aquecimento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor fornecido por uma bomba de calor durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica total consumida no mesmo período.

#### **1.40 *Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)***

Segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor removido de um condicionador de ar durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica consumida neste mesmo período (em Wh).

#### **1.41 Transmitância térmica ( $W/(m^2K)$ )**

Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220-2 (ABNT, 2005) ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488 (ABNT, 1980).

#### **1.42 Transmitância Térmica da Cobertura ( $U_{cob}$ ) ( $W/(m^2K)$ )**

Coberturas de garagens não são consideradas para o cálculo da transmitância térmica da cobertura.

#### **1.43 Transmitância Térmica das Paredes ( $U_{par}$ ) ( $W/(m^2K)$ )**

Neste RTQ, refere-se à transmitância de paredes externas somente.

#### **1.44 Volume Total da Edificação ( $V_{tot}$ ) ( $m^3$ )**

Volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos.

#### **1.45 Zona Térmica**

Espaço ou grupo de espaços dentro de um edifício condicionado que são suficientemente similares, onde as condições desejadas (temperatura) podem ser mantidas usando um único sensor (termostato ou sensor de temperatura).

#### **1.46 Zona de Conforto**

Zona onde existe satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Para especificar a hipótese de conforto adotada, utilizar uma das seguintes normas: ASHRAE Standard 55/2004 ou ISO 7730/2005.

#### **1.47 Zona Bioclimática**

Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.

## **2. INTRODUÇÃO**

O presente RTQ especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética. Os edifícios submetidos a este RTQ devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis.

### **2.1. Objetivo**

Criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.

### **2.2. Procedimento de determinação da eficiência**

Este RTQ aplica-se a edifícios com área total útil mínima de 500 m<sup>2</sup> e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV (subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4 e AS), incluindo edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados. Edifícios de uso misto, tanto de uso residencial e comercial, como de uso residencial e de serviços ou de uso residencial e público, devem ter suas parcelas não residenciais avaliadas separadamente caso estas, exclusivamente, ultrapassem 500 m<sup>2</sup>.

A etiquetagem de eficiência energética de edifícios deve ser realizada através dos métodos prescritivo ou de simulação. Ambos devem atender aos requisitos relativos ao desempenho da envoltória, à eficiência e potência instalada do sistema de iluminação e à eficiência do sistema de condicionamento do ar.

O presente RTQ especifica a classificação do nível de eficiência de edificações, dividida nesses três requisitos, conforme as metodologias descritas nos itens correspondentes:

- item 3: Envoltória
- item 4. Sistema de Iluminação
- item 5: Sistema de Condicionamento de Ar

Todos os requisitos têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Parcelas de edifícios podem também ter a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar avaliados, porém separadamente, recebendo uma classificação parcial do nível de eficiência referente a cada um destes itens. Nestes casos, as parcelas a serem classificadas devem ser:

- para classificação da envoltória, o nível de eficiência energética deve ser estabelecido para a edificação completa;
- para classificação do sistema de iluminação, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas, assim como para os subsolos;
- para classificação do sistema de condicionamento de ar, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas, assim como para os subsolos.

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando em uma classificação final. Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito e, de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação que também varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) apresentada na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

A classificação geral poderá ser obtida após a avaliação dos três sistemas parciais, de acordo com a Tabela 2.1, os casos diferentes dos apresentados só poderão receber a classificação geral ao se adequar às condições descritas na tabela.

**Tabela 2.1: Métodos de avaliação para obtenção da classificação Geral**

Envoltória	Sistema de Iluminação	Sistema de Condicionamento de Ar	Classificação Geral
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	<b>SIM</b>
Método Simulação	Método Simulação	Método Simulação	<b>SIM</b>
Método Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	<b>SIM</b>

Para a classificação geral as avaliações parciais recebem pesos, distribuídos da seguinte forma:

- Envoltória = 30%
- Sistema de Iluminação = 30%
- Sistema de Condicionamento de Ar = 40%

O nível de classificação de cada requisito equivale a um número de pontos correspondentes, atribuídos de acordo com a Tabela 2.2:

**Tabela 2.2: Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)**

<b>A</b>	<b>5</b>
<b>B</b>	<b>4</b>
<b>C</b>	<b>3</b>
<b>D</b>	<b>2</b>
<b>E</b>	<b>1</b>

No caso de edifícios que possuem áreas não condicionadas, para as áreas de permanência prolongada, tais como lojas, escritórios, áreas de trabalho, é obrigatório comprovar por



simulação que o ambiente interno proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas (ver item 6.2.2).

Portanto, a classificação geral do edifício é calculada de acordo com a distribuição dos pesos através da Eq. 2.1:

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left( \text{EqNumEnv} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + 0,30 \cdot (\text{EqNumDPI}) + 0,40 \cdot \left\{ \left( \text{EqNumCA} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + b \cdot 1_0 \quad \text{Eq.2.1}$$

Onde,

EqNumEnv é o equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI é o equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA é o equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV é o equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente (ver item 6.2.2);

APT é a área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC é a área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação.

AC é a área de piso dos ambientes condicionados;

AU é a área útil;

b é a pontuação obtida pelas bonificações, que varia de zero a 1.

Os equivalentes numéricos para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na Tabela 2.2. O nível de eficiência do requisito envoltória das áreas condicionadas é definido de acordo com o item 3; o nível de eficiência do sistema de iluminação (DPI) é definido no item 4; e o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar (CA) é definido no item 5.

O número de pontos obtidos na equação acima irá definir a classificação geral da edificação:

**Tabela 2.3: Classificação Geral**

PT	Classificação Final
$\geq 4,5$ a 5	A
$\geq 3,5$ a $< 4,5$	B
$\geq 2,5$ a $< 3,5$	C
$\geq 1,5$ a $< 2,5$	D
$< 1,5$	E

As classificações final e parciais são apresentadas na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Um edifício com classificações A nos três requisitos parciais: envoltória, iluminação e condicionamento de ar – está em condições de obter o Selo Procel.

### 2.3. Bonificações

Iniciativas que aumentem a eficiência da edificação poderão receber até um ponto na classificação geral. Para tanto, essas iniciativas deverão ser justificadas, e a economia gerada deve ser comprovada. Essas podem ser:

- sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, tais como torneiras com arejadores e/ou temporizadores, sanitários com sensores, aproveitamento de água pluvial, devem proporcionar uma economia mínima de 40% no consumo anual de água do edifício, considerando práticas correntes de dimensionamento;
- sistemas ou fontes renováveis de energia:
  - edificações em que a parcela de água quente representa um percentual igual ou maior a 10% da demanda total instalada de energia elétrica e que utilizarem aquecimento solar de água devem provar atendimento com uma fração solar igual ou superior a 70%;

- energia eólica ou painéis fotovoltaicos devem proporcionar uma economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício;
- sistemas de cogeração devem proporcionar uma economia mínima de 30% no consumo anual de energia elétrica do edifício;
- inovações técnicas ou de sistemas que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, proporcionando uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia elétrica.

Obs.: economias de mais de um item que sejam menores que os mínimos exigidos podem ser combinadas a fim de alcançar, proporcionalmente, os percentuais exigidos para obtenção da bonificação.

#### **2.4. Pré-requisitos Gerais**

Além dos requisitos descritos nos itens 3 a 5, para o edifício ser elegível à etiquetagem, deve cumprir os seguintes requisitos mínimos:

- possuir circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros. Caso este item não seja atendido, o nível de eficiência do edifício será no máximo C;
  - Exceções:
    - hotéis, desde que possuam desligamento automático para os quartos;
    - edificações com múltiplas unidades autônomas de consumo;
    - edificações cuja data de construção seja anterior a junho de 2009.
- requisitos mínimos a cumprir para o edifício atingir uma classificação A:
  - Edificações em que a parcela de água quente representa um percentual igual ou maior a 10% da demanda total instalada de energia elétrica, devem apresentar uma estimativa da demanda de água quente e comprovar que um percentual igual ou superior a 70% da demanda de água quente é

atendida por sistemas energeticamente eficientes. Entre estes sistemas devem ser considerados:

- aquecimento solar de água com coletor e reservatório térmico com etiqueta com classificação A, segundo regulamento específico do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE/Inmetro;
- aquecedores a gás com etiqueta com classificação A, segundo regulamento específico do PBE/Inmetro;
- bomba de calor que possuam um COP maior que 3,0 W/W.

Obs.<sub>1</sub>: O projeto de instalações hidrossanitárias deve comprovar que as tubulações para água quente possuem isolamento térmico com resistência térmica mínima de 0,237 (m<sup>2</sup>K)/W.

Obs.<sub>2</sub>: Para edificios de uso misto, este pré-requisito somente é aplicável às parcelas de uso comercial, de serviços e público com uma demanda de água quente igual ou maior a 10% da demanda total instalada de energia elétrica para esta parcela.

- quando usar aquecimento solar de água, utilizar o máximo aproveitamento dentro da área de coleta possível;
- se o edificio possuir mais de um elevador, deverá utilizar obrigatoriamente controle inteligente de tráfego para elevadores de uma mesma finalidade em um mesmo *hall*;

## 2.5. Pré-requisitos Específicos

Além dos pré-requisitos gerais dos itens 3 a 6 - Envoltória, Iluminação, Condicionamento de Ar e Simulação - há pré-requisitos específicos que devem ser atendidos de acordo com os critérios de cada item. Caso nenhum dos pré-requisitos seja atendido no seu respectivo item, o equivalente numérico deverá seguir a seguinte classificação do nível de eficiência, podendo ser apenas:

- Envoltória: somente E;
- Iluminação: máximo D, de acordo com o item 4.1;

- Condicionamento de ar: máximo B, de acordo com o item 5.2; e
- Simulação: não poderá ser efetuada.

No caso de uso do item seis, Simulação, após atendido o item e encontrada a eficiência, os seguintes pré-requisitos devem ser cumpridos no edifício:

- Pré-requisitos gerais;
- Pré-requisitos específicos de iluminação (item 4.1) de acordo com o nível de eficiência alcançado; e
- Pré-requisito específico de Condicionamento de Ar (item 5.1).

### **3. ENVOLTÓRIA**

#### **3.1. Pré-requisitos específicos**

Para classificação do nível de eficiência da envoltória, além do exigido no item 3.2, deverão ser atendidos os requisitos de acordo com o nível de eficiência pretendido, sendo:

##### **3.1.1. Nível A**

###### **3.1.1.1 Transmitância térmica**

- para qualquer Zona Bioclimática, a transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  e para ambientes não condicionados, não deve ultrapassar  $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- a transmitância térmica das paredes externas ( $U_{par}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:
  - a. Zonas Bioclimáticas 1 a 6: a transmitância térmica máxima deve ser de  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
  - b. Zonas Bioclimáticas 7 e 8: a transmitância térmica máxima deve ser de  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  para paredes com capacidade térmica máxima de  $80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$  e de  $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  para paredes com capacidade térmica superior a  $80 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ .

*Exceção ao item 3.1.1.1: superfícies opacas (paredes vazadas, pórticos ou placas perfuradas) à frente de aberturas envidraçadas nas fachadas (paralelas aos planos de vidro), formando elementos de sombreamento. Estas superfícies devem estar fisicamente conectadas ao edifício e a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura de seu maior vão. Este afastamento entre os planos deve possuir proteção solar horizontal como beiral ou marquise.*

### 3.1.1.2 Cores e absorvância de superfícies

São obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8:

- utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar baixa,  $\alpha < 0,4$  (cores claras);
- em coberturas não aparentes, a utilização de cor de absorvância solar baixa,  $\alpha < 0,4$ ; telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

### 3.1.1.3 Iluminação zenital

No caso de existência de aberturas zenitais, a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos PAZ, de acordo com a Tabela 3.1. Para edificações com PAZ maior que 5%, pretendendo alcançar classificação A, deve-se utilizar simulação computacional de acordo com o item 6.

**Tabela 3.1: Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.**

<b>PAZ</b>	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
<b>FS</b>	0,87	0,67	0,52	0,30

## 3.1.2. Nível B

### 3.1.2.1 Transmitância térmica

- para qualquer Zona Bioclimática, a transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  e para ambientes não condicionados, não deve ultrapassar  $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- a transmitância térmica das paredes externas ( $U_{par}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:

- a. Zonas Bioclimáticas 1 a 6: a transmitância térmica máxima deve ser de 3,7 W/m<sup>2</sup>K.
- b. Zonas Bioclimáticas 7 e 8: a transmitância térmica máxima deve ser de 2,5 W/m<sup>2</sup>K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m<sup>2</sup>K e de 3,7 W/m<sup>2</sup>K para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m<sup>2</sup>K.

*Exceção ao item 3.1.2.1: superfícies opacas (paredes vazadas, pórticos ou placas perfuradas) à frente de aberturas envidraçadas nas fachadas (paralelas aos planos de vidro), formando elementos de sombreamento. Estas superfícies devem estar fisicamente conectadas ao edifício e a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura de seu maior vão. Este afastamento entre os planos deve possuir proteção solar horizontal como beiral ou marquise.*

### **3.1.2.2 Cores e absorvância de superfícies**

São obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8:

- em coberturas não aparentes, utilização de cor de absorvância solar baixa,  $\alpha < 0,4$ , telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água.

### **3.1.3. Níveis C e D: Transmitâncias térmicas**

Componentes opacos (paredes e coberturas) devem possuir transmitâncias térmicas máximas de acordo com os requisitos a seguir:

- a transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) não deve ultrapassar 2,0 W/m<sup>2</sup>K para qualquer ambiente ou Zona Bioclimática.
- a transmitância térmica das paredes externas ( $U_{par}$ ) não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:
  - a. Zonas Bioclimáticas 1 a 6: a transmitância térmica máxima deve ser de 3,7 W/m<sup>2</sup>K.
  - b. Zonas Bioclimáticas 7 e 8: a transmitância térmica máxima deve ser de 2,5 W/m<sup>2</sup>K para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m<sup>2</sup>K e de 3,7 W/m<sup>2</sup>K para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m<sup>2</sup>K.

*Exceção ao item 3.1.3: superfícies opacas (paredes vazadas, pórticos ou placas perfuradas) à frente de aberturas envidraçadas nas fachadas (paralelas aos planos de vidro), formando elementos de sombreamento. Estas superfícies devem estar fisicamente conectadas ao edifício e a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura de seu maior vão. Este afastamento entre os planos deve possuir proteção solar horizontal como beiral ou marquise.*

### **3.1.4. Procedimentos de cálculo da transmitância térmica, cores e absorptâncias das superfícies**

#### **3.1.4.1 Transmitância térmica**

- a transmitância térmica, a ser considerada para a avaliação do pré-requisito, é a média das transmitâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam;
- os pisos de áreas externas localizados sobre ambiente(s) de permanência prolongada devem atender aos pré-requisitos de transmitância de coberturas, pilotis e varandas são exemplos deste item;
- para obtenção dos níveis A, B ou C, paredes e coberturas em contato com painéis solares devem possuir uma transmitância máxima de 1,00 W/m<sup>2</sup>K, exceto quando houver isolamento térmico apropriado no próprio dispositivo.

#### **3.1.4.2 Cores e absorptância de superfícies**

- a absorptância solar a ser considerada para a avaliação do pré-requisito é a média das absorptâncias de cada parcela das paredes, ou cobertura, ponderadas pela área que ocupam;

*Obs.: recomenda-se utilizar os valores da NBR 15220 parte 2, valores fornecidos pelo fabricante, ou valores resultados de medições.*

- os pisos de áreas externas localizados sobre ambiente(s) de permanência prolongada devem atender aos pré-requisitos de absorptância solar de coberturas, pilotis e varandas são exemplos deste item;



- nas fachadas envidraçadas onde exista parede na face interna do vidro, deve-se considerar um dos casos abaixo:
  - a. Vidro em contato direto com a parede: a absorptância total será igual à absorptância do vidro somada ao produto entre a transmitância solar do vidro e absorptância da parede, conforme a Equação 3.1:

$$\alpha = \alpha_{\text{vidro}} + (\tau_{\text{vidro}} \times \alpha_{\text{parede}}) \quad \text{Eq. 3.1}$$

- b. Câmara de ar entre a parede e o vidro: a absorptância da superfície será igual ao produto do fator solar do vidro pela absorptância da parede, conforme Equação 3.2:

$$\alpha = FS_{\text{vidro}} \times \alpha_{\text{parede}} \quad \text{Eq. 3.2}$$

- não devem fazer parte do cálculo da absorptância:
  - a. Fachadas construídas na divisa do terreno e encostadas em outra edificação de propriedade alheia;
  - b. Áreas cobertas por painéis solares.

### 3.2. Procedimento de determinação da eficiência

*Escopo:* Esta seção descreve o método de classificação de eficiência da envoltória, baseado em um indicador de consumo obtido através de uma equação.

Há duas equações por Zona Bioclimática: uma representando edifícios com área de projeção ( $A_{pe}$ ) menor que 500 m<sup>2</sup> e a segunda para edifícios com área de projeção maior que 500 m<sup>2</sup>. O zoneamento bioclimático brasileiro é estabelecido na NBR 15220-Parte 3 (ABNT, 2005). No desenvolvimento das equações do indicador de consumo, algumas zonas bioclimáticas foram agrupadas, sendo representadas pela mesma equação. São elas ZB2 e ZB3; ZB4 e ZB5; ZB6 e ZB8.

As equações para  $A_{pe} > 500$  m<sup>2</sup> são válidas para um Fator de Forma mínimo permitido ( $A_{env}/V_{tot}$ ). As equações para  $A_{pe} < 500$  m<sup>2</sup> são válidas para um Fator de Forma máximo permitido ( $A_{env}/V_{tot}$ ). Acima ou abaixo desses, deve-se utilizar os valores limites.

No caso de subsolos semi-enterrados as paredes que não estão em contato com o solo devem ser consideradas para o cálculo do Fator de Forma.

As aberturas voltadas para a área externa através de varandas internas à projeção do edifício devem ser contabilizadas para o cálculo do PAF desde que a profundidade desta varanda não ultrapasse duas vezes a altura do pé direito. Entretanto, somente a parte vista ortogonalmente em fachada deve ser considerada para o PAF, descontando as esquadrias. O sombreamento causado por esta varanda não deve ser considerado como ângulo de sombreamento.

Aberturas com sistemas de proteção solar paralelas à fachada e com sua parte superior fechada devem ter consideradas, para o cálculo do  $PAF_T$ , apenas as áreas de aberturas vistas ortogonalmente através da proteção solar. Este sistema de proteção deve ser parte integrante do projeto do edifício e estar a uma distância até o plano envidraçado inferior a uma vez a altura do maior vão da proteção. Neste caso o ângulo de sombreamento não será considerado para o cálculo do AVS e AHS. Considera-se o ângulo médio entre as várias proteções solares quando a proteção solar estiver a uma distância superior a este limite.

Sistemas de proteção solar vazados, formados por placas com aletas paralelas, devem ter estabelecidos uma relação entre a altura (para AVS) ou profundidade (para AHS) da aleta e o vão entre estas aletas. A razão a altura (ou profundidade) e o vão é o fator de correção a ser multiplicado pelo AVS ou AHS. Fatores de correção maiores que um, adotar um.

Os ângulos de sombreamento utilizados no cálculo do  $IC_{env}$  são o resultado da ponderação do ângulo em função da área das aberturas. O AHS de cada abertura deve ser calculado como a média dos dois ângulos encontrados, um para cada lateral da abertura.

Proteções solares móveis deverão ser consideradas como elementos fixos com ângulo de sombreamento máximo possível de ser obtido para inserção no cômputo da ponderação dos ângulos.

Os ângulos de sombreamento a serem inseridos nas equações 3.3 a 3.12 devem ser usados com valor máximo de  $45^\circ$ , sendo que para a equação 3.11, o AVS máximo é de  $25^\circ$ . Entretanto, esta exigência não determina o dimensionamento das proteções solares. Elas devem ser projetadas para evitar o sobre-aquecimento dos ambientes internos considerando as necessidades de sombreamento específicas do edifício, as condições

sazonais do clima local (trajetória solar e temperaturas) e a orientação de cada fachada. A limitação do ângulo de 25° é um fator de segurança para o uso da equação de regressão 3.11, e não implica em uma limitação de projeto para as Zonas Bioclimáticas 6 e 8.

Na equação, o Percentual de Área de Abertura na Fachada total ( $PAF_T$ ) corresponde a um valor médio representativo do percentual de aberturas de todas as fachadas. Para o uso deste valor, primeiramente deve-se realizar o cálculo do PAF para a fachada oeste ( $PAF_O$ ) e do  $PAF_T$ . Se o  $PAF_O$  for pelo menos 20% maior que o  $PAF_T$ , deve-se adotar o PAF da fachada oeste na equação.

O Indicador de Consumo referente à envoltória do edifício proposto deve ser calculado com as seguintes equações de acordo com a cidade e Zona Bioclimática onde o edifício está inserido:

a. Zona Bioclimática 1: (exemplo: cidade de CURITIBA)

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma máximo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,60

$$IC_{env} = -43,0.FA - 316,62.FF + 16,83.PAF_T + 7,39.FS - 0,20.AVS + 0,20.AHS + 132,5.\frac{FA}{FF} - 77.FA.FF - 0,92.FF.PAF_T.AHS + 182,66 \quad \text{Eq. 3.3}$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma mínimo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,17

$$IC_{env} = 10,47.FA + 298,74.FF + 38,41.PAF_T - 1,11.FS - 0,11.AVS + 0,24.AHS - 0,54.PAF_T.AHS + 47,53 \quad \text{Eq. 3.4}$$

b. Zona Bioclimática 2 e 3: (exemplo: cidade de FLORIANÓPOLIS)

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma máximo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,70

$$IC_{env} = -175,30.FA - 212,79.FF + 21,86.PAF_T + 5,59.FS - 0,19.AVS + 0,15.AHS + 275,19.\frac{FA}{FF} + 213,35.FA.FF - 0,04.PAF_T.FS.AVS - 0,45.PAF_T.AHS + 190,42 \quad \text{Eq. 3.5}$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma mínimo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,15

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_T + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54.PAF_T.AHS + 277,98 \quad \text{Eq. 3.6}$$

c. Zona Bioclimática 4 e 5: (exemplo: cidade de BRASÍLIA)

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma máximo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,75

$$IC_{env} = 105,39.FA - 207,12.FF + 4,61.PAF_T + 8,08.FS - 0,31.AVS - 0,07.AHS - 82,34.FA.FF + 3,45.PAF_T.FS - 0,005.PAF_T.FS.AVS.AHS + 171,27 \quad \text{Eq. 3.7}$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma mínimo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = livre

$$IC_{env} = 511,12.FA + 0,92.FF - 95,71.PAF_T - 99,79.FS - 0,52.AVS - 0,29.AHS - 380,83.FA.FF + \frac{4,27}{FF} + 729,20.PAF_T.FS + 77,15 \quad \text{Eq. 3.8}$$

d. Zona Bioclimática 7: (exemplo: cidade de CUIABÁ )

$$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma máximo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,60

$$IC_{env} = 32,62.FA - 580,03.FF - 8,59.PAF_T + 18,48.FS - 0,62.AVS - 0,47.AHS + 200,0 \frac{FA}{FF} - 192,5.FA.FF + 70,22.FF.PAF_T - 0,55.PAF_T.AHS + 318,65 \quad \text{Eq. 3.9}$$

$$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$$

Limite: Fator de forma mínimo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,17

$$IC_{env} = -69,48.FA + 1347,78.FF + 37,74.PAF_T + 3,03.FS - 0,13.AVS - 0,19.AHS + \frac{19,25}{FF} + 0,04 \cdot \frac{AHS}{(PAF_T.FS)} - 306,35 \quad \text{Eq. 3.10}$$

e. Zona Bioclimática 6 e 8: (exemplo: cidade de SALVADOR)

$A_{pe} \leq 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma máximo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,48

$$IC_{env} = 454,47.FA - 1641,37.FF + 33,47.PAF_T + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.PAF_T.AVS + 0,33.PAF_T.AHS + 718 \quad \text{Eq. 3.11}$$

$A_{pe} > 500 \text{ m}^2$

Limite: Fator de forma mínimo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,17

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58 \quad \text{Eq. 3.12}$$

Onde as variáveis das equações 3.3 a 3.12 são:

IC: Indicador de Consumo (adimensional)

$A_{pe}$ : Área de projeção do edifício ( $\text{m}^2$ )

$A_{tot}$ : Área total de piso ( $\text{m}^2$ )

$A_{env}$ : Área da envoltória ( $\text{m}^2$ )

$A_{pcob}$ : Área de projeção da cobertura ( $\text{m}^2$ )

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento

FF: Fator de Forma, ( $A_{env}/V_{tot}$ )

FA: Fator Altura, ( $A_{pcob}/A_{tot}$ )

FS: Fator Solar

$PAF_T$ : Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação)

$V_{tot}$ : Volume total da edificação ( $m^3$ )

O indicador de consumo obtido deve ser comparado a uma escala numérica dividida em intervalos que descrevem um nível de classificação de desempenho que varia de A a E. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente será a envoltória da edificação. A escala numérica da classificação de eficiência é variável e deve ser determinada para cada volumetria de edifício através dos parâmetros Fator Altura e Fator de Forma: razão entre a área de projeção da cobertura e a área total de piso ( $A_{pcob}/A_{tot}$ ) e razão entre a área da envoltória e o volume total ( $A_{env}/V_{tot}$ ). Os demais parâmetros da equação são fornecidos.

Procedimento para classificação:

- a. Calcula-se o indicador de consumo por meio da equação  $IC_{env}$  com os dados do projeto do edifício.
- b. Calcula-se o limite máximo do indicador de consumo para aquela volumetria,  $IC_{máxD}$ , por meio da mesma equação, mas com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3.2; o  $IC_{máxD}$  representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D, acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E.

**Tabela 3.2: Parâmetros do  $IC_{máxD}$**

$PAF_T$	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

- c. Calcula-se o limite mínimo  $IC_{mín}$  por meio da equação, com os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 3.3; o  $IC_{mín}$  representa o indicador de consumo mínimo para aquela volumetria.

**Tabela 3.3: Parâmetros do  $IC_{mín}$**

$PAF_T$	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

- d. Os limites  $IC_{\text{máxD}}$  e  $IC_{\text{mín}}$  representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes (i), cada parte se refere a um nível de classificação numa escala de desempenho que varia de A a E. A subdivisão i do intervalo é calculada com a Eq.3.13.

$$i = \frac{(IC_{\text{máxD}} - IC_{\text{mín}})}{4} \quad \text{Eq. 3.13}$$

- e. Com o valor de i calculado, preenche-se a seguinte Tabela 3.4.

**Tabela 3.4: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência.**

<b>Eficiência</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Lim Mín	-	$IC_{\text{máxD}} - 3i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} - 2i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} - i + 0,01$	$IC_{\text{máxD}} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{\text{máxD}} - 3i$	$IC_{\text{máxD}} - 2i$	$IC_{\text{máxD}} - i$	$IC_{\text{máxD}}$	-

- f. Comparar o  $IC_{\text{env}}$  (a) obtido com os limites da tabela acima e identificar o nível de eficiência do projeto em questão.

## 4. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

### 4.1. Pré-requisitos específicos

Para classificação do sistema de iluminação, além dos limites de potência instalada estabelecidos no item 4.2, deverão ser respeitados os critérios de controle do sistema de iluminação, de acordo com o nível de eficiência pretendido, conforme os requisitos abaixo:

- Nível A – o controle do sistema de iluminação deve atender às características estabelecidas nos itens 4.1.1, 4.1.2, e 4.1.3.
- Nível B – o controle do sistema de iluminação deve atender, pelo menos, às características estabelecidas nos itens 4.1.1 e 4.1.2.

- c. Nível C – o controle do sistema de iluminação deve atender, pelo menos, às características estabelecidas no item 4.1.1.

#### **4.1.1. Divisão dos circuitos**

Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Por questões de segurança, ambientes de uso público poderão ter o controle manual em local de acesso a funcionários. Para ambientes maiores do que 250 m<sup>2</sup>, cada dispositivo de controle instalado deve controlar:

- uma área de até 250 m<sup>2</sup> para ambientes até 1000 m<sup>2</sup>;
- uma área de até 1000 m<sup>2</sup> para ambientes maiores do que 1000 m<sup>2</sup>.

#### **4.1.2. Contribuição da luz natural**

Ambientes com janela voltada para o ambiente externo ou voltada para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e com mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) janela(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à janela de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível.

#### **4.1.3. Desligamento automático do sistema de iluminação**

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m<sup>2</sup> deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m<sup>2</sup>; ou
- um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou



- um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

Exceções ao item 4.1.3:

- ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h;
- ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes;
- ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários.

#### **4.2. Procedimento de determinação da eficiência**

*Escopo:* Estabelece o limite de potência de iluminação interna para os espaços internos dos edifícios. Os níveis de eficiência para a potência de iluminação variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

A avaliação do sistema de iluminação deve ser realizada através de um dos seguintes métodos:

- método da área do edifício, ou
- método das atividades do edifício.

Devem ser excluídos do cálculo da potência instalada da iluminação os sistemas que forem complementares à iluminação geral e com controle independente nas seguintes situações:

- iluminação de destaque que seja parte essencial para o funcionamento de galerias, museus e monumentos;
- iluminação contida ou parte integrante de equipamentos ou instrumentos, desde que instalada pelo próprio fabricante, como lâmpadas de refrigeradores, geladeiras, etc;
- iluminação especificamente projetada para uso exclusivo em procedimentos médicos ou dentários e iluminação contida em equipamentos médicos ou dentários;
- iluminação contida em refrigeradores e *freezers*, tanto abertos quanto fechados por vidro;

- iluminação totalmente voltada a aquecimento de alimentos e em equipamentos de preparação de alimentos;
- iluminação totalmente voltada ao crescimento de plantas ou sua manutenção;
- iluminação em ambientes especificamente projetados para uso de deficientes visuais;
- iluminação em vitrines de lojas varejistas, desde que a área da vitrine seja fechada por divisórias cuja altura alcance o forro;
- iluminação em ambientes internos que sejam especificamente designados como um bem cultural tombado, de acordo com o IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional ou outros órgãos municipais ou estaduais de competência análoga;
- iluminação totalmente voltada à propaganda ou à sinalização;
- sinais indicando saída e luzes de emergência;
- iluminação à venda ou sistemas de iluminação para demonstração com propósitos educacionais;
- iluminação para fins teatrais, incluindo apresentações ao vivo e produções de filmes e vídeos;
- áreas de jogos ou atletismo com estrutura permanente para transmissão pela televisão;
- iluminação de circulação externa.

#### **4.2.1. Método da área do edifício**

- a. Identificar a atividade principal do edifício de acordo com a Tabela 4.1, e a densidade de potência de iluminação limite ( $DPI_L$  – W/m<sup>2</sup>) para cada nível de eficiência

*Obs.: Para edifícios com atividades não listadas deve-se escolher uma atividade semelhante, equivalente.*

- b. Determinar a área iluminada do edifício.
- c. Multiplicar a área iluminada pela  $DPI_L$ , para encontrar a potência instalada limite do edifício.

- d. Quando o edifício for caracterizado por mais de uma atividade principal determina-se a densidade de potência de iluminação limite para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência instalada limite para o edifício será a soma das potências limites para cada função do edifício.

*Obs.: a verificação do nível de eficiência será feita através da potência total instalada no edifício, e não por função.*

- e. Comparar a potência total instalada no edifício e a potência instalada limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação.
- f. Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todo o edifício.

**Tabela 4.1: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI<sub>L</sub>) para o nível de eficiência pretendido – Método da Área do Edifício**

<b>Função do Edifício</b>	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Edifício de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clínica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

#### 4.2.2. Método das atividades do edifício

- a. identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício, de acordo com a Tabela 4.2,

- b. Consultar a densidade de potencia de iluminação limite ( $DPI_L - W/m^2$ ) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades, na Tabela 4.2;

*Obs.: Para edifícios com atividades não listadas deve-se escolher uma atividade semelhante, equivalente.*

- c. Somar a área iluminada dos grupos de ambientes de mesma atividade, e encontrar a potência instalada para cada um destes grupos;
- d. Comparar com a potência instalada limite, identificando o EqNum (equivalente numérico) por grupo de ambientes;

*Obs.: ambientes que possuam o índice de ambiente (K) menor que o definido na Tabela 4.2 podem ter um aumento em 20% na densidade de potência de iluminação limite ( $DPI_L$ ).*

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_p} \quad \text{Eq. 4.1}$$

Onde,

*K: índice de ambiente (adimensional);*

*A<sub>t</sub>: Área de teto (m<sup>2</sup>);*

*A<sub>pt</sub>: Área do plano de trabalho (m<sup>2</sup>);*

*A<sub>p</sub>: Área de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m<sup>2</sup>);*

- e. Verificar se os pré-requisitos são atendidos em todos os ambientes de cada um dos grupos de ambientes, corrigindo o EqNum dos grupos quando o pré-requisito não é atendido em pelo menos um ambiente;
- f. Ponderar os EqNum dos grupos de ambientes pela potência prevista em projeto, determinando assim o EqNumDPI.

**Tabela 4.2: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI<sub>L</sub>) para o nível de eficiência pretendido – Método das Atividades do Edifício**

<b>Ambientes</b>	<b>K limite</b>	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Armazém					
Material pequeno/leve	0,8	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,2	6,20	7,44	8,68	9,92
Átrio - por metro de altura até 12,20 m de altura	-	0,30	0,36	0,42	0,48
acima de 12,20 m de altura	-	0,20	0,24	0,28	0,32
Auditórios e Anfiteatros					
Auditório	0,8	8,50	10,20	11,90	13,60
Centro de Convenções	1,2	8,80	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,2	12,30	14,76	17,22	19,68
Teatro	0,6	26,20	31,44	36,68	41,92
Banheiros	0,60	10,50	12,60	14,70	16,80
Biblioteca					
Área de arquivamento	1,20	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções - Espaço de exibição	1,20	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	<2,4 largura	7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio					
Área de vendas	0,80	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	11,80	14,16	16,52	18,88
Provador	0,60	9,40	11,28	13,16	15,04
Cozinhas	0,80	10,70	12,84	14,98	17,12
Dormitório – Alojamentos	0,60	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre	1,20	10,50	12,6	14,7	16,8
Fórum, Posto de Polícia					
Câmara de juízes	0,60	12,60	15,12	17,64	20,16
Cela de Confinamento	0,80	11,80	14,16	16,52	18,88
Tribunal	0,80	18,50	22,20	25,90	29,6

**Tabela 4.2: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI<sub>L</sub>)  
para o nível de eficiência pretendido – Método das Atividades do Edifício  
(continuação)**

<b>Ambientes</b>	<b>K limite</b>	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite - W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Garagem	1,20	2,00	2,40	2,80	3,20
Ginásio/Academia					
Área de Ginástica	1,20	7,80	9,36	10,92	12,48
Arquibancada	0,80	4,60	5,52	6,44	7,36
Esportes de ringue		28,80	34,56	40,32	46,08
Quadra de esportes - estádio	1,20	20,70	24,84	28,98	33,12
Quadra de esportes - ginásio	1,20	12,90	15,48	18,06	20,64
Hospital					
Circulação	<2,4 largura	9,60	11,52	13,44	15,36
Emergência	0,80	24,30	29,16	34,02	38,88
Enfermaria	0,80	9,50	11,4	13,3	15,2
Exames/Tratamento	0,60	17,90	21,48	25,06	28,64
Farmácia	0,80	12,30	14,76	17,22	19,68
Fisioterapia	0,80	9,80	11,76	13,72	15,68
Sala de espera, estar	0,80	11,50	13,80	16,10	18,40
Radiologia	0,80	14,20	17,04	19,88	22,72
Recuperação	0,80	12,40	14,88	17,36	19,84
Sala de Enfermeiros	0,80	9,40	11,28	13,16	15,04
Sala de Operação	0,80	20,30	24,36	28,42	32,48
Quarto de pacientes	0,80	6,70	8,04	9,38	10,72
Suprimentos médicos	0,80	13,70	16,44	19,18	21,92
Hotel - quartos	0,80	11,9	14,28	16,66	19,04
Igreja, templo					
Assentos	1,20	16,50	19,8	23,10	26,40
Coro	1,20	16,50	19,8	23,10	26,40
Sala de comunhão - nave	1,20	6,90	8,28	9,66	11,04
Laboratórios					
para Salas de Aula	0,80	13,80	16,56	19,32	22,08
Médico/Ind./Pesq.	0,80	19,50	23,40	27,30	31,20
Lavanderia	1,20	6,50	7,80	9,10	10,40

**Tabela 4.2: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação ( $DPI_L$ ) para o nível de eficiência pretendido – Método das Atividades do Edifício (continuação)**

<b>Ambientes</b>	<b>K limite</b>	Densidade de Potência de Iluminação limite - $W/m^2$ (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite - $W/m^2$ (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite - $W/m^2$ (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite - $W/m^2$ (Nível D)
Museu					
Curadoria, restauração	0,80	11,00	13,20	15,40	17,60
Sala de exibição	0,80	11,30	13,56	15,82	18,08
Oficina – Seminário, cursos	0,80	17,10	20,52	23,94	27,36
Oficina Mecânica	1,20	7,20	8,64	10,08	11,52
Refeitório	0,80	11,50	13,80	16,10	18,40
Restaurante	1,20	9,60	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,20	8,80	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Cafê	1,20	7,00	8,40	9,80	11,20
Bar/Lazer	1,20	14,10	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,20	13,30	15,96	18,62	21,28
Sala de espera, convivência	1,20	7,90	9,48	11,06	12,64
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,80	13,20	15,84	18,48	21,12
Vestíbulo – Hall de Entrada	1,20	7,00	8,4	9,8	11,2
Cinemas	1,20	5,60	6,72	7,84	8,96
Hotel	1,20	11,40	13,68	15,96	18,24
Salas de Espetáculos	0,80	21,50	25,8	30,1	34,4
Transportes					
Área de bagagem	1,20	8,20	9,84	11,48	13,12
Aeroporto - Pátio	1,20	3,90	4,68	5,46	6,24
Assentos - Espera	1,20	5,80	6,96	8,12	9,28
Terminal - bilheteria	1,20	11,60	13,92	16,24	18,56

## 5. SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

### 5.1. Pré-requisito específico

Para obter os níveis de eficiência A, condicionadores de ar do tipo de janela ou unidades condensadoras de condicionadores do tipo *Split* devem estar sombreados permanentemente e com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência.

O pré-requisito é avaliado em cada ambiente separadamente.



## **5.2. Procedimento de determinação da eficiência**

*Escopo:* Os sistemas mecânicos que servem para o aquecimento, refrigeração ou ventilação dos edifícios devem estar em conformidade com o descrito abaixo.

Para classificação do nível de eficiência, é obrigatório que os edifícios condicionados artificialmente possuam sistemas de condicionamento de ar com eficiência conhecida:

- a. Condicionadores de ar do tipo janela e condicionadores de ar tipo *Split* com eficiência avaliada pelo PBE/INMETRO e de acordo com as normas brasileiras e/ou internacionais de condicionadores de ar, conforme item 5.3.
- b. Condicionadores de ar não etiquetados pelo PBE/INMETRO, conforme item 5.4.

No caso de haver mais de um sistema independente de condicionamento de ar no edifício, os níveis de eficiência de cada sistema independente devem ser encontrados e seus equivalentes numéricos (Tabela 2.1), ponderados pela capacidade dos seus respectivos sistemas, a fim de estimar o equivalente numérico final envolvendo todos os sistemas de condicionamento de ar e, portanto, o nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar do edifício.

Obs.: quando houver ambientes condicionados no subsolo estes devem fazer parte da avaliação do sistema de condicionamento de ar. No caso em que estes ambientes atendam a mais de um edifício deve-se dividir a área do subsolo entre os edifícios atendidos por ele, sendo a área distribuída proporcionalmente à área de projeção dos edifícios

Os sistemas de condicionamento de ar devem proporcionar a adequada qualidade do ar interno, conforme norma ABNT NBR 16401.

## **5.3. Condicionadores de ar do tipo janela e do tipo *Split* (para instalação em paredes e/ou teto).**

### **5.3.1. Cálculo de carga térmica**

As cargas térmicas de projeto do sistema de aquecimento e resfriamento de ar devem ser calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de comprovada aceitação nacional ou internacional.

### **5.3.2. Sistema de condicionamento de ar central**

Quando a área condicionada apresentar carga térmica superior a 350 kW deve-se adotar um sistema de condicionamento de ar central ou provar que sistemas individuais consomem menos energia para as condições de uso previstas para a edificação.

Na página eletrônica do INMETRO (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>) encontram-se tabelas atualizadas com classes de eficiência energética com os requisitos mínimos de eficiência para cada categoria. Elas são:

- Tabela 3 para Condicionadores de Ar tipo Janela; e
- Tabela 4 para Condicionadores de Ar tipo SPLIT.

Para uso neste RTQ, deve-se considerar a última versão publicada na página eletrônica do INMETRO.

### **5.4. Sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo INMETRO**

Os sistemas e aparelhos não enquadrados no item 5.3 serão classificados de acordo com os níveis e requisitos a seguir:

- a. Nível A: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.1; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.2; os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.3 e todo o sistema de condicionamento de ar deve respeitar os requisitos estabelecidos nos itens 5.4.1 a 5.4.8.
- b. Nível B: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.1; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.2; os condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.3.
- c. Nível C: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.4; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.5; os

condensadores e torres de arrefecimento devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.3.

- d. Nível D: os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados na Tabela 5.6; os resfriadores de líquido devem atender aos requisitos mínimos de eficiência da Tabela 5.7.
- e. Nível E: quando o sistema não se enquadrar nos níveis acima.

**Tabela 5.1: Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B.**

Tipo de equipamento	Capacidade	Tipo de aquecimento	Subcategoria ou condição de classificação	Eficiência mínima	Procedimento de teste	
Condicionadores de ar resfriados a ar	<19 kW	Todos	Split	3,52 SCOP	ARI 210/240	
			Unitário	3,52 SCOP		
	≥ 19 kW e < 40 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,02 COP	ARI 340/360	
		Outros	Split e unitário	2,96 COP		
	≥ 40 kW e < 70 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,84 COP		
		Outros	Split e unitário	2,78 COP		
	≥ 70 kW e < 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,78 COP 2,84 IPLV		
		Outros	Split e unitário	2,72 COP 2,78 IPLV		
	≥ 223 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,70 COP 2,75 IPLV		
		Outros	Split e unitário	2,64 COP 2,69 IPLV		
	Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Split e unitário	3,35 COP	ARI 210/240
		≥ 19 kW e < 40 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	3,37 COP	ARI 340/360
Outros			Split e unitário	3,31 COP		
≥ 40 kW e < 70 kW		Resistência elétrica	Split e unitário	3,22 COP		
		Outros	Split e unitário	3,16 COP		
≥ 70 kW		Resistência elétrica	Split e unitário	2,70 COP 3,02 IPLV		
		Outros	Split e unitário	2,64 COP 2,96 IPLV		

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2004.

**Tabela 5.2: Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação nos níveis A e B.**

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Eficiência mínima</b>	<b>Procedimento de teste</b>
Condensação a ar, <b>com</b> condensador	Todas	2,80 COP 3,05 IPLV	ARI 550/590
Condensação a ar, <b>sem</b> condensador	Todas	3,10 COP 3,45 IPLV	
Condensação a água ( <b>compressor alternativo</b> )	Todas	4,20 COP 5,05 IPLV	
Condensação a água (compressor do tipo <b>parafuso</b> e <b>scroll</b> )	< 528 kW	4,45 COP 5,20 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,90 COP 5,60 IPLV	
	≥ 1.055 kW	5,50 COP 6,15 IPLV	
Condensação a água (compressor <b>centrífugo</b> )	< 528 kW*	5,00 COP 5,25 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW*	5,55 COP 5,90 IPLV	
	≥ 1.055 kW*	6,10 COP 6,40 IPLV	

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2004.

\*Compressores Centrífugos projetados para operar em condições diferentes das condições de teste da Tabela 5.2 (ARI 550/590) devem adotar os limites estabelecidos nas tabelas 5.2 A a C.

**Tabela 5.2 A: Eficiência mínima para Chillers Centrífugo com capacidade menor que 528 kW.**

<b>Chillers Centrífugos &lt; 528 kW</b>														
COP <sub>Nominal</sub> = 5,00; IPLV <sub>Nominal</sub> =5,25														
			Vazão de Água no Condensador (l/s.kW)											
			0,036	0,045		0,054		0,072		0,090		0,108		
Temperatura da água gelada na saída do chiller (°C)	Temperatura da água na entrada do condensador (°C)	LIFT <sup>1</sup>	COP NPLV		COP NPLV		COP NPLV		COP NPLV		COP NPLV		COP NPLV	
4,4	23,9	19,4	5,11	5,35	5,33	5,58	5,48	5,73	5,67	5,93	5,79	6,06	5,88	6,15
4,4	26,7	22,2	4,62	4,83	4,92	5,14	5,09	5,32	5,27	5,52	5,38	5,63	5,45	5,70
4,4	29,4	25,0	3,84	4,01	4,32	4,52	4,58	4,79	4,84	5,06	4,98	5,20	5,06	5,29
5,0	23,9	18,9	5,19	5,43	5,41	5,66	5,56	5,81	5,75	6,02	5,89	6,16	5,99	6,26
5,0	26,7	21,7	4,73	4,95	5,01	5,24	5,17	5,41	5,35	5,60	5,46	5,71	5,53	5,78
5,0	29,4	24,4	4,02	4,21	4,46	4,67	4,70	4,91	4,94	5,17	5,06	5,30	5,14	5,38
5,6	23,9	18,3	5,27	5,51	5,49	5,74	5,64	5,90	5,85	6,12	6,00	6,27	6,11	6,39
5,6	26,7	21,1	4,84	5,06	5,10	5,33	5,25	5,49	5,43	5,67	5,53	5,79	5,61	5,87
5,6	29,4	23,9	4,19	4,38	4,59	4,80	4,81	5,03	5,03	5,26	5,15	5,38	5,22	5,46
6,1	23,9	17,8	5,35	5,59	5,57	5,82	5,72	5,99	5,95	6,23	6,11	6,39	6,23	6,52
6,1	26,7	20,6	4,94	5,16	5,18	5,42	5,32	5,57	5,50	5,76	5,62	5,87	5,70	5,96
6,1	29,4	23,3	4,35	4,55	4,71	4,93	4,91	5,13	5,12	5,35	5,23	5,47	5,30	5,54
6,7	23,9	17,2	5,42	5,67	5,65	5,91	5,82	6,08	6,07	6,34	6,24	6,53	6,37	6,67
6,7	26,7	20,0	5,03	5,26	5,26	5,50	5,40	5,65	5,58	5,84	5,70	5,96	5,79	6,05
6,7	29,4	22,8	4,49	4,69	4,82	5,04	5,00	5,25	5,20	5,43	5,30	5,55	5,38	5,62
7,2	23,9	76,7	5,50	5,75	5,74	6,00	5,92	6,19	6,19	6,47	6,38	6,68	6,53	6,83
7,2	26,7	19,4	5,11	5,35	5,33	5,58	5,48	5,73	5,67	5,93	5,79	6,06	5,88	6,15
7,2	29,4	22,2	4,62	4,83	4,92	5,14	5,09	5,32	5,27	5,52	5,38	5,63	5,42	5,70
7,8	23,9	16,1	5,58	5,84	5,83	6,10	6,03	6,30	6,32	6,61	6,54	6,84	6,70	7,00
7,8	26,7	18,9	5,19	5,43	5,41	5,66	5,56	5,81	5,75	6,02	5,89	6,16	5,99	6,26
7,8	29,4	21,7	4,73	4,95	5,01	5,24	5,17	5,41	5,35	5,60	5,46	5,71	5,53	5,78
8,3	23,9	15,6	5,66	5,92	5,93	6,20	6,15	6,43	6,47	6,77	6,71	7,02	6,88	7,20
8,3	26,7	18,4	5,27	5,51	5,49	5,74	5,64	5,90	5,85	6,12	6,00	6,27	6,11	6,39
8,3	29,4	21,1	4,84	5,06	5,10	5,33	5,25	5,49	5,43	5,67	5,33	5,79	5,61	5,87
8,9	23,9	15,0	5,75	6,02	6,04	6,32	6,28	6,56	6,64	6,94	6,89	7,21	7,09	7,41
8,9	26,7	17,8	5,35	5,59	5,57	5,82	5,72	5,99	5,95	6,23	6,11	6,39	6,23	6,52
8,9	29,4	20,5	4,94	5,16	5,18	5,42	5,32	5,57	5,50	5,76	5,62	5,87	5,70	5,96
Condensador ΔT <sup>3</sup>			7,80		6,24		5,20		3,90		3,12		2,60	

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2007.

- 1) LIFT (°C) = Temperatura da água na entrada do condensador - Temperatura da água gelada na saída do chiller
- 2) Para as condições de vazão de água no condensador de 0,054l/s kW, com 6,7°C de temperatura de água gelada e 29,4°C de temperatura de entrada, este valor se refere ao IPLV
- 3) Condensador ΔT= Temperatura da água na saída do condensador - Temperatura da água na entrada do condensador

$$K_{adj} = 6,1507 - 0,54439(X) + 0,0203122(X)^2 - 0,00026391(X)^3$$

Onde:

X= Condensador ΔT +LIFT

$$COP_{adj} = K_{adj} \times COP_{Nominal}$$

**Tabela 5.2 B: Eficiência mínima para Chillers Centrifugo com capacidade entre 528 kW e 1055 kW.**

<b>Chillers Centrifugos ≥ 528 kW e &lt;1055 kW</b>														
$COP_{Nominal}= 5,55; IPLV_{Nominal}=5,90$														
			Vazão de Água no Condensador (l/s.kW)											
			0,036		0,045		0,054		0,072		0,090		0,108	
Temperatura da água gelada na saída do chiller (°C)	Temperatura da água na entrada do condensador (°C)	LIFT <sup>1</sup>	COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>	
4,4	23,9	19,4	5,65	6,03	5,90	6,29	6,05	6,46	6,26	6,68	6,40	6,83	6,51	6,94
4,4	26,7	22,2	5,10	5,44	5,44	5,80	5,62	6,00	5,83	6,22	5,95	6,35	6,03	6,43
4,4	29,4	25,0	4,24	4,52	4,77	5,09	5,06	5,40	5,35	5,71	5,50	5,87	5,59	5,97
5,0	23,9	18,9	5,74	6,13	5,80	6,38	6,14	6,55	6,36	6,79	6,51	6,95	6,62	7,06
5,0	26,7	21,7	5,23	5,58	5,54	5,71	6,10	5,91	5,91	6,31	6,03	6,44	6,11	6,52
5,0	29,4	24,4	4,45	4,74	4,93	5,26	5,19	5,54	5,46	5,82	5,60	5,97	5,69	6,07
5,6	23,9	18,3	5,83	6,22	6,07	6,47	6,23	6,65	6,47	6,90	6,63	7,07	6,75	7,20
5,6	26,7	21,1	5,35	5,71	5,64	6,01	5,80	6,19	6,00	6,40	6,12	6,53	6,20	6,62
5,6	29,4	23,9	4,63	4,94	5,08	5,41	5,31	5,67	5,56	5,93	5,69	6,07	5,77	6,16
6,1	23,9	17,8	5,91	6,31	6,15	6,56	6,33	6,75	6,58	7,02	6,76	7,21	6,89	7,35
6,1	26,7	20,6	5,46	5,82	5,73	6,11	5,89	6,28	6,08	6,49	6,21	6,62	6,30	6,72
6,1	29,4	23,3	4,81	5,13	5,21	5,55	5,42	5,79	5,66	6,03	5,78	6,16	5,86	6,25
6,7	23,9	17,2	6,00	6,40	6,24	6,66	6,43	6,86	6,71	7,15	6,90	7,36	7,05	7,52
6,7	26,7	20,0	5,56	5,93	5,81	6,20	5,97	6,37	6,17	6,58	6,30	6,72	6,40	6,82
6,7	29,4	22,8	4,96	5,29	5,33	5,68	5,55	5,90	5,74	6,13	5,86	6,26	5,94	6,34
7,2	23,9	76,7	6,08	6,49	6,34	6,76	6,54	6,98	6,84	7,30	7,06	7,53	7,22	7,70
7,2	26,7	19,4	5,65	6,03	5,90	6,29	6,05	6,46	6,26	6,68	6,40	6,83	6,51	6,94
7,2	29,4	22,2	5,10	5,44	5,44	5,80	5,62	6,00	5,83	6,22	5,95	6,35	6,03	6,43
7,8	23,9	16,1	6,17	6,58	6,44	6,87	6,66	7,11	6,99	7,46	7,23	7,71	7,40	7,90
7,8	26,7	18,9	5,74	6,13	5,80	6,38	6,14	6,55	6,36	6,79	6,51	6,95	6,62	7,06
7,8	29,4	21,7	5,23	5,58	5,54	5,91	5,71	6,10	5,91	6,31	6,03	6,44	6,11	6,52
8,3	23,9	15,6	6,26	6,68	6,56	6,99	6,79	7,24	7,16	7,63	7,42	7,91	7,61	8,11
8,3	26,7	18,4	5,83	6,21	6,07	6,47	6,23	6,64	6,47	6,90	6,63	7,07	6,75	7,20
8,3	29,4	21,1	5,35	5,70	5,64	6,01	5,80	6,19	6,00	6,40	6,12	6,52	6,20	6,61
8,9	23,9	15,0	6,36	6,78	6,68	7,12	6,94	7,40	7,34	7,82	7,62	8,13	7,83	8,35
8,9	26,7	17,8	5,91	6,30	6,15	6,56	6,33	6,75	6,58	7,02	6,76	7,21	6,89	7,35
8,9	29,4	20,5	5,46	5,82	5,73	6,10	5,89	6,28	6,08	6,49	6,21	6,62	6,30	6,71
Condensador $\Delta T^3$			7,80		6,24		5,20		3,90		3,12		2,60	

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2007.

- 1) LIFT (°C) = Temperatura da água na entrada do condensador - Temperatura da água gelada na saída do chiller
- 2) Para as condições de vazão de água no condensador de 0,054l/s kW, com 6,7°C de temperatura de água gelada e 29,4°C de temperatura de entrada, este valor se refere ao IPLV
- 3) Condensador  $\Delta T$  = Temperatura da água na saída do condensador - Temperatura da água na entrada do condensador

$$K_{adj} = 6,1507 - 0,54439(X) + 0,0203122(X)^2 - 0,00026591(X)^3$$

Onde:

X = Condensador  $\Delta T$  + LIFT

$$COP_{adj} = K_{adj} \times COP_{Nominal}$$

**Tabela 5.2 C: Eficiência mínima para Chillers Centrifugo com capacidade maior que 1055 kW.**

<b>Chillers Centrifugos ≥ 1055 kW</b>														
COP <sub>Nominal</sub> = 6,10; IPLV <sub>Nominal</sub> =6,40														
			Vazão de Água no Condensador (l/s.kW)											
			0,036		0,045		0,054		0,072		0,090		0,108	
Temperatura da água gelada na saída do chiller (°C)	Temperatura da água na entrada do condensador (°C)	LIFT <sup>1</sup>	COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>		COP NPLV <sup>2</sup>	
			4,4	23,9	19,4	6,23	6,55	6,50	6,83	6,68	7,01	6,91	7,26	7,06
4,4	26,7	22,2	5,63	5,91	6,00	6,30	6,20	6,52	6,43	6,76	6,56	6,89	6,65	6,98
4,4	29,4	25,0	4,68	4,91	5,26	5,53	5,58	5,86	5,90	6,20	6,07	6,37	6,17	6,48
5,0	23,9	18,9	6,33	6,65	6,60	6,93	6,77	7,12	7,02	7,37	7,18	7,55	7,30	7,67
5,0	26,7	21,7	5,77	6,06	6,11	6,42	6,30	6,62	6,52	6,85	6,65	6,99	6,74	7,08
5,0	29,4	24,4	4,90	5,15	5,44	5,71	5,72	6,01	6,02	6,33	6,17	6,49	6,27	6,59
5,6	23,9	18,3	6,43	6,75	6,69	7,03	6,87	7,22	7,13	7,49	7,31	7,68	7,44	7,82
5,6	26,7	21,1	5,90	6,20	6,21	6,53	6,40	6,72	6,61	6,95	6,75	7,09	6,84	7,19
5,6	29,4	23,9	5,11	5,37	5,60	5,88	5,86	6,16	6,13	6,44	6,28	6,59	6,37	6,69
6,1	23,9	17,8	6,52	6,85	6,79	7,13	6,98	7,33	7,26	7,63	7,45	7,83	7,60	7,98
6,1	26,7	20,6	6,02	6,32	6,31	6,63	6,49	6,82	6,71	7,05	6,85	7,19	6,94	7,30
6,1	29,4	23,3	5,30	5,57	5,74	6,03	5,98	6,28	6,24	6,55	6,37	6,70	6,46	6,79
6,7	23,9	17,2	6,61	6,95	6,89	7,23	7,09	7,45	7,40	7,77	7,61	8,00	7,77	8,16
6,7	26,7	20,0	6,13	6,44	6,41	6,73	6,58	6,92	6,81	7,15	6,95	7,30	7,05	7,41
6,7	29,4	22,8	5,47	5,75	5,87	6,17	6,10	6,40	6,33	6,66	6,47	6,79	6,55	6,89
7,2	23,9	76,7	6,71	7,05	6,99	7,35	7,21	7,58	7,55	7,93	7,78	8,18	7,96	8,36
7,2	26,7	19,4	6,23	6,55	6,50	6,83	6,68	7,01	6,91	7,26	7,06	7,42	7,17	7,54
7,2	29,4	22,2	5,63	5,91	6,00	6,30	6,20	6,52	6,43	6,76	6,56	6,89	6,65	6,98
7,8	23,9	16,1	6,80	7,15	7,11	7,47	7,35	7,72	7,71	8,10	7,97	8,37	8,16	8,58
7,8	26,7	18,9	6,33	6,65	6,60	6,93	6,77	7,12	7,02	7,37	7,18	7,55	7,30	7,67
7,8	29,4	21,7	5,77	6,06	6,11	6,42	6,30	6,62	6,52	6,85	6,65	6,99	6,74	7,08
8,3	23,9	15,6	6,91	7,26	7,23	7,60	7,49	7,87	7,89	8,29	8,18	8,59	8,39	8,82
8,3	26,7	18,4	6,43	6,75	6,69	7,03	6,87	7,22	7,13	7,49	7,31	7,68	7,44	7,82
8,3	29,4	21,1	8,90	6,20	6,21	6,53	6,40	6,72	6,61	6,95	6,75	7,09	6,84	7,19
8,9	23,9	15,0	7,01	7,37	7,36	7,74	7,65	8,04	8,09	8,50	8,41	8,83	8,64	9,08
8,9	26,7	17,8	6,52	6,85	6,79	7,13	6,98	7,33	7,26	7,63	7,45	7,83	7,60	7,98
8,9	29,4	20,5	6,02	6,32	6,31	6,63	6,49	6,82	6,71	7,05	6,85	7,19	6,94	7,30
Condensador ΔT <sup>3</sup>			7,80		6,24		5,20		3,90		3,12		2,60	

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2007.

- 1) LIFT (°C) = Temperatura da água na entrada do condensador - Temperatura da água gelada na saída do chiller
- 2) Para as condições de vazão de água no condensador de 0,054l/s kW, com 6,7°C de temperatura de água gelada e 29,4°C de temperatura de entrada, este valor se refere ao IPLV
- 3) Condensador ΔT= Temperatura da água na saída do condensador - Temperatura da água na entrada do condensador

$$K_{adj} = 6,1507 - 0,54439(X) + 0,0203122(X)^2 - 0,00026591(X)^3$$

Onde:

X= Condensador ΔT +LIFT

$$COP_{adj} = K_{adj} \times COP_{Nominal}$$



**Tabela 5.3: Eficiência mínima de torres de resfriamento e condensadores para classificação nos níveis A e B e C.**

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Subcategoria ou condição de classificação</b>	<b>Desempenho requerido</b>	<b>Procedimento de teste</b>
Torres de resfriamento com ventiladores helicoidais ou axiais	Temperatura da água na entrada = 35 °C Temperatura da água na saída= 29 °C TBU do ar externo = 24 °C	$\geq 3,23$ l/s·kW	CTI ATC-105
Torres de resfriamento com ventiladores centrífugos	Temperatura da água na entrada = 35 °C Temperatura da água na saída= 29 °C TBU do ar externo = 24 °C	$\geq 1,7$ l/s·kW	CTI ATC-105
Condensadores resfriados a ar	Temperatura de condensação = 52 °C Fluido de teste R-22 Temperatura de entrada do gás = 88 °C Sub-resfriamento = 8 °C TBS na entrada = 35 °C	$\geq 69$ COP	ARI 460

Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2004.

**Tabela 5.4: Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível C.**

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Tipo de aquecimento</b>	<b>Subcategoria ou condição de classificação</b>	<b>Eficiência mínima</b>	<b>Procedimento de teste</b>
Condicionadores de ar resfriados a ar	<19 kW	Todos	Split	2,93 SCOP	ARI 210/240
			Unitário	2,84 SCOP	
	$\geq 19$ kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	2,61 COP	ARI 340/360
	$\geq 40$ kW e < 70 kW	Todos	Split e unitário	2,494 COP	
	$\geq 70$ kW e < 223 kW	Todos	Split e unitário	2,49 COP 2,20 IPLV	
$\geq 223$ kW	Todos	Split e unitário	2,40 COP 2,20 IPLV		
Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Split e unitário	2,72 COP	ARI 210/240
	$\geq 19$ kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	3,08 COP	ARI 340/360
	$\geq 40$ kW e < 70 kW	Todos	Split e unitário	2,81 COP	
	$\geq 70$ kW	Todos	Split e unitário	2,81 COP 2,64 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1999) – ASHRAE Standard 90.1-1999.

**Tabela 5.5: Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação no nível C.**

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Eficiência mínima</b>	<b>Procedimento de teste</b>
Condensação a ar, <b>com</b> condensador	< 528 kW	2,70 COP 2,80 IPLV	ARI 550/590
	≥ 528 kW	2,50 COP 2,50 IPLV	
Condensação a ar, <b>sem</b> condensador	Todas	3,10 COP 3,20 IPLV	
Condensação a água <b>(compressor alternativo)</b>	Todas	3,80 COP 3,90 IPLV	
Condensação a água (compressor do tipo <b>parafuso e scroll</b> )	< 528 kW	3,80 COP 3,90 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,20 COP 4,50 IPLV	
	≥ 1.055 kW	5,20 COP 5,30 IPLV	
Condensação a água (compressor <b>centrífugo</b> )	< 528 kW	3,80 COP 3,90 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,20 COP 4,50 IPLV	
	≥ 1.055 kW	5,20 COP 5,30 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1999) – ASHRAE Standard 90.1-1999.

**Tabela 5.6: Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível D.**

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Tipo de aquecimento</b>	<b>Subcategoria ou condição de classificação</b>	<b>Eficiência mínima</b>	<b>Procedimento de teste</b>
Condicionadores de ar resfriados a ar (no modo de resfriamento)	<19 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	8,4 EER 7,4 IPLV	ARI 210-81 ARI 240-81 ARI 210/240-84
		Outros	Split	8,9 SEER	
	Unitário		8,6 SEER		
$\geq 19$ kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	8,3 EER 7,3 IPLV		
Condicionadores de ar resfriados a ar (no modo de aquecimento)	<19 kW	Resistência elétrica	Split e unitário	2,8 COP	
		Outros	Split e unitário	6,4 HSPF	
	$\geq 19$ kW e < 40 kW	Todos	Split e unitário	2,8 COP	
Condicionadores de ar resfriados a ar	$\geq 40$ kW e < 70 kW	Todos	Unitário	8,2 EER	ARI 360-86
	$\geq 70$ kW	Todos	Unitário	8,0 EER	
Condicionadores de ar resfriados a água	<19 kW	Todos	Unitário	9,0 EER 8,0 IPLV	ARI 210-81
	$\geq 19$ kW e < 40 kW	Todos	Unitário	9,5 EER	ARI 360-86 CTI 201-86
	$\geq 40$ kW	Todos	Unitário	9,4 EER 8,5 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1989) – ASHRAE Standard 90.1-1989.

**Tabela 5.7: Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação no nível D.**

<b>Tipo de equipamento</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Eficiência mínima</b>	<b>Procedimento de teste</b>
Condensação a ar, <b>com</b> condensador	< 528 kW	2,60 COP 2,60 IPLV	ARI 550-86 ARI 590-86 CTI 201-86
	≥ 528 kW	2,40 COP 2,40 IPLV	
Condensação a ar, <b>sem</b> condensador	Todas	3,00 COP 3,00 IPLV	
Condensação a água (compressor do tipo <b>parafuso e scroll</b> )	< 528 kW	3,70 COP 3,80 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	3,70 COP 3,80 IPLV	
	≥ 1.055 kW	4,60 COP 4,70 IPLV	

Fonte: ASHRAE (1989) – ASHRAE Standard 90.1-1989.

#### 5.4.1. Cálculo de carga térmica

As cargas térmicas de projeto do sistema de aquecimento e resfriamento de ar devem ser calculadas de acordo com normas e manuais de engenharia de aceitação geral pelos profissionais da área, como por exemplo, o *ASHRAE Handbook of Fundamentals* (ASHRAE, 2005).

#### 5.4.2. Controle de temperatura por zona

##### 5.4.2.1 Geral

O aquecimento ou resfriamento de ar de cada zona térmica deverá ser individualmente controlado por termostatos respondendo à temperatura do ar da referida zona.

Exceções ao item 5.4.2.1: Sistemas perimetrais, projetados para atuar apenas sobre a carga proveniente do envelope da edificação podem atender a uma ou mais zonas também servidas por um sistema interno, desde que:

- o sistema perimetral inclua pelo menos um termostato de controle para cada fração de parede externa da edificação com comprimento maior ou igual a 15 metros, exposta a uma mesma orientação; e
- o sistema perimetral de aquecimento e resfriamento seja controlado por um termostato de controle localizado dentro da zona servida pelo sistema.

Paredes externas são consideradas com diferentes orientações se as direções para as quais estão voltadas diferirem em mais de 45°.

#### **5.4.2.2 Faixa de temperatura de controle**

Quando usados para atuar sobre o aquecimento e o resfriamento, os termostatos de controle devem ser capazes de prover uma faixa de temperatura do ar de pelo menos 3°C (*deadband*), no qual o suprimento da energia para aquecimento e resfriamento seja desligado ou reduzido para o mínimo.

Exceções ao item 5.4.2.2

- Termostatos que requeiram acionamento manual para alteração entre os modos de aquecimento e resfriamento
- Aplicações especiais onde não é aceitável uma faixa de temperatura de controle tão ampla, tais como centro de processamento de dados, museus, algumas áreas hospitalares e no condicionamento de ar de certos processos industriais, desde que devidamente justificado

#### **5.4.2.3 Aquecimento suplementar**

Bombas de calor com aquecedor auxiliar através de resistência elétrica devem ser dotadas de sistema de controle que evite a operação do aquecimento suplementar quando a carga de aquecimento possa ser atendida apenas pela bomba de calor. A operação do aquecimento suplementar é permitida durante os ciclos de degelo da serpentina externa. Dois modos de atender a este requerimento são:

- um termostato eletrônico ou digital projetado para uso em bomba de calor que ative o aquecimento auxiliar somente quando a bomba de calor tem capacidade insuficiente para manter o *setpoint* ou para aquecer o ambiente a uma taxa suficiente;
- um termostato multi-estágio no ambiente e um termostato no ambiente externo conectado para permitir o acionamento do aquecimento auxiliar somente no último estágio do termostato no ambiente e quando a temperatura externa é inferior a 4 °C.

#### **5.4.2.4 Aquecimento e resfriamento simultâneo**

Os controles do sistema de condicionamento de ar devem impedir o reaquecimento ou qualquer outra forma de aquecimento e resfriamento simultâneo para controle de umidade.

Nos locais em que há equipamentos distintos para aquecimento e resfriamento servindo a uma mesma zona, os termostatos devem ser interconectados para impedir o aquecimento e resfriamento simultâneo.

#### **5.4.3. Sistema de desligamento automático**

Todo o sistema de condicionamento de ar deve ser equipado com pelo menos um dos tipos abaixo:

- controles que podem acionar e desativar o sistema sob diferentes condições de rotina de operação, para sete tipos de dias diferentes por semana; capazes de reter a programação e ajustes durante a falta de energia por pelo menos 10 horas, incluindo um controle manual que permita a operação temporária do sistema por até duas horas;
- um sensor de ocupação que seja capaz de desligar o sistema quando nenhum ocupante é detectado por um período de até 30 minutos;
- um temporizador de acionamento manual capaz de ser ajustado para operar o sistema por até duas horas;
- integração com o sistema de segurança e alarmes da edificação que desligue o sistema de condicionamento de ar quando o sistema de segurança é ativado.

#### **5.4.4. Isolamento de zonas**

Sistemas de condicionamento de ar servindo diferentes zonas térmicas destinadas à operação ou ocupação não simultânea devem ser divididos em áreas isoladas. As zonas devem ser agrupadas em áreas isoladas que não ultrapassem 2.300 m<sup>2</sup> de área condicionada e não incluindo mais do que um pavimento. Cada área isolada deve ser equipada com dispositivos de isolamento capazes de desativar automaticamente o suprimento de ar condicionado e ar externo, além do sistema de exaustão. Cada área

isolada deve ser controlada independentemente por um dispositivo que atenda aos requisitos do item 5.4.3 (Sistema de desligamento automático). Para sistemas de condicionamento central, os controles e dispositivos devem permitir a operação estável do sistema e equipamentos para qualquer período de tempo enquanto atendem à menor área isolada servida pelo sistema central.

Exceções ao item 5.4.4: Dispositivos e controles de isolamento não são requeridos para as seguintes condições:

- exaustão de ar e tomada de ar externo quando conectadas às zonas onde o sistema de ventilação é menor ou igual a 2.400 l/s;
- exaustão de ar de uma zona isolada com vazão de menos de 10% da vazão nominal do sistema de exaustão ao qual está conectada;
- zonas destinadas à operação contínua ou planejadas para estarem inoperantes apenas quando todas as demais zonas estiverem inoperantes.

Obs.: zonas de operação contínua

Em edificações com sistema de condicionamento de ar central, zonas térmicas com necessidade de condicionamento de ar contínuo, durante 24 horas por dia e por pelo menos 5 dias da semana, devem ter condições de ser atendidas por um sistema de condicionamento de ar exclusivo.

#### **5.4.5. Controles e dimensionamento do sistema de ventilação**

Sistemas de condicionamento de ar com potência total de ventilação superior a 4,4 kW devem atender aos limites de potência dos ventiladores abaixo:

- a razão entre a potência do sistema de ventilação e a vazão de insuflamento de ar para cada sistema de condicionamento de ar nas condições de projeto não deve exceder a potência máxima aceitável apresentada na Tabela 5.8;
- quando o sistema de insuflamento de ar requerer tratamento de ar ou sistemas de filtragem com perda de pressão superior a 250 Pa com os filtros limpos, ou serpentinas ou dispositivos de recuperação de calor, ou umidificadores/resfriadores de evaporativos diretos, ou outros dispositivos que atuem no processo diretamente sobre o fluxo de ar, a potência aceitável para o

sistema de ventilação pode ser ajustada usando os créditos de pressão na equação de potência aceitável da Tabela 5.8;

- se a diferença entre a temperatura de projeto da sala e a temperatura de insuflamento de ar nas condições de projeto para resfriamento, usada para calcular a vazão de insuflamento de ar de projeto, for maior do que 11,1 °C, a potência aceitável do ventilador pode ser ajustada usando-se a razão de temperatura na equação de potência aceitável na Tabela 5.8.



**Tabela 5.8: Limites de potência dos ventiladores.**

Volume de insuflamento de ar	Potência nominal (de placa) aceitável para o motor	
	Volume constante	Volume variável
< 9.400 l/s	1,9 kW/1000 l/s	2,7 kW/1000 l/s
≥ 9.400 l/s	1,7 kW/1000 l/s	2,4 kW/1000 l/s

Potência aceitável para os ventiladores = [Limite de Potência Tabela 5.8 × (Razão de Temperatura) + Crédito de Pressão + Crédito do Ventilador de Retorno]

Onde:

Limite de Potência Tabela 5.9 = Valor Tabela 5.9 × L/Sn/1000

Razão de Temperatura =  $(T_{t-stat} - T_s)/11,1$

Crédito de Pressão (kW) = Soma de  $[L/Sn \times (SPn - 250)/486000]$  + Soma de  $[L/SHR \times SPHR/486000]$

Crédito do Ventilador de Retorno = FR (kW) ×  $[1 - (L/SRF / L/Sn)]$

L/Sn = volume de insuflamento de ar da unidade com o sistema de filtragem (l/s)

L/SHR = volume de insuflamento de ar nas serpentinas de recuperação de calor ou no resfriador/umidificador de evaporação direta (l/s)

L/SRF = volume de ar no ventilador de retorno em operação normal de resfriamento (l/s)

SPn = perda de pressão do ar no sistema de filtragem quando os filtros estão limpos (Pa)

SPHR = perda de pressão do ar nas serpentinas de recuperação de calor ou no resfriador/umidificador de evaporação direta (Pa)

$T_{t-stat}$  = temperatura de controle da sala

$T_s$  = temperatura de projeto do ar de insuflamento para a zona na qual o termostato está localizado

FR = potência nominal de placa do ventilador de retorno em kW

#### 5.4.5.1 Controles de sistemas de ventilação para áreas com altas taxas de ocupação

Sistemas com taxa de insuflamento de ar externo nominal superior a 1.400 l/s, servindo áreas com densidade de ocupação superior a 100 pessoas por 100 m<sup>2</sup>, devem incluir meios de reduzir automaticamente a tomada de ar externo abaixo dos níveis de projeto quando os espaços estão parcialmente ocupados.

#### 5.4.5.2 Ciclo economizador

Deverá ser apresentado um estudo de viabilidade técnica e econômica para adoção de ciclo economizador, devendo este ser incorporado sempre que o custo benefício for favorável ( $RCB \leq 0,80$ ).

#### 5.4.5.3 Sistemas de exaustão

Sistemas de exaustão com capacidade nominal acima de 140 l/s em sistemas que não operam continuamente devem ser equipados com *dampers* motorizados ou com controle

por gravidade, que sejam automaticamente fechados quando o sistema não estiver em uso.

#### **5.4.5.4 Acionamento otimizado**

Sistemas de insuflamento de ar com capacidade acima de 5 m<sup>3</sup>/s (18.000 m<sup>3</sup>/h), servidos por um ou mais ventiladores devem ter controle de acionamento otimizado, para garantir que o sistema seja acionado no intervalo adequado antes da ocupação das zonas atendidas. O algoritmo de controle deve considerar, no mínimo, a diferença entre a temperatura do ar interno e a temperatura de controle (setpoint), e o tempo que antecede a efetiva ocupação do ambiente interno.

Entende-se por controle de acionamento otimizado controles projetados para ajustar automaticamente o início da operação do sistema de condicionamento de ar a cada dia, com a intenção de trazer o espaço para os níveis de temperatura desejados imediatamente antes da ocupação programada, sem desperdício de energia.

#### **5.4.6. Recuperação de calor**

Ventiladores individuais que tenham capacidade de insuflamento de ar nominal de pelo menos 2.400 l/s e uma taxa de insuflamento de ar externo de pelo menos 70% da vazão total de projeto devem possuir sistema de recuperação de calor com eficácia de pelo menos 50% de recuperação. Cinquenta por cento de eficácia deve corresponder a uma alteração na entalpia do ar externo insuflado igual a 50% da diferença entre o ar externo e o ar de retorno nas condições de projeto. O sistema de recuperação de calor deve ser provido por um sistema de controle que permita a operação do ciclo economizador, conforme estabelecido de acordo com o item 5.4.5.2.

Exceções ao subitem 5.4.6:

- sistemas atendendo espaços que não são resfriados e que são aquecidos até 16 °C;
- sistemas com exaustão de gases tóxicos, inflamáveis, tintas, fumaça corrosiva ou pó;
- coifas de cozinhas comerciais usada para coletar e remover vapores gordurosos e fumaça;

- onde mais do que 60% da energia de aquecimento do ar externo seja provida por recuperação de calor *in loco* ou energia solar;
- onde a maior fonte de exaustão é menor do que 75% da vazão de ar externo de projeto;
- sistemas que requeiram desumidificação e empreguem a recuperação de calor em série com a serpentina de resfriamento.

#### **5.4.7. Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos**

Sistemas de condicionamento de ar com um sistema hidráulico servido por um sistema de bombeamento com potência superior a 7,5 kW devem atender aos requisitos estabelecidos em 5.4.7.1 a 5.4.7.3.

##### **5.4.7.1 Sistemas de vazão de líquido variável**

Sistemas de bombeamento de água ou de líquido refrigerante, integrantes do sistema de condicionamento de ar, que incluem válvulas de controle projetadas para modular ou abrir e fechar em função da carga devem ser projetados para vazão de líquido variável e devem ser capazes de reduzir a vazão de bombeamento para 50% ou menos da vazão de projeto. Bombas individuais servindo sistemas de vazão de líquido variável com uma pressão na bomba superior a 300 kPa e motor excedendo 37 kW devem ter controles ou dispositivos (tais como controle de velocidade variável) que resultem em uma demanda no motor de não mais do que 30% da potência de projeto quando em 50% da vazão de água de projeto. Os controles ou dispositivos devem ser controlados como uma função da vazão desejável ou para manter uma pressão diferencial mínima requerida. A pressão diferencial deve ser medida em um dos pontos a seguir:

- no trocador de calor mais distante; ou
- próximo ao trocador de calor mais distante; ou
- no trocador de calor que requer o maior diferencial de pressão; ou
- próximo ao trocador de calor que requer o maior diferencial de pressão; ou
- a critério do projetista responsável, desde que justificado.

Exceções ao item 5.4.7.1:

- sistemas onde a vazão mínima é menor que a vazão mínima requerida pelo fabricante do equipamento para a operação adequada do equipamento atendido por um sistema, tais como resfriadores de líquido, e onde a potência total de bombeamento é menor ou igual a 60 kW;
- sistemas com até três válvulas de controle.

#### **5.4.7.2 Isolamento de bombas**

Quando uma central de água gelada inclui mais do que um resfriador de líquido, devem ser tomadas providências para que a vazão na central possa ser reduzida automaticamente quando um resfriador estiver desligado. Resfriadores referidos neste item, instalados em série com o propósito de aumentar a temperatura diferencial, devem ser considerados como um único resfriador de líquido.

#### **5.4.7.3 Controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente**

Sistemas de água gelada e água quente com uma capacidade de projeto excedendo 88 kW e suprindo água gelada ou quente (ou ambos) para sistemas de condicionamento ambiental devem incluir controles que reajustem automaticamente a temperatura de suprimento da água pelas cargas representativas da edificação (incluindo a temperatura de retorno da água) ou pela temperatura do ar externo.

Exceções do item 5.4.7.3:

- onde os controles de reajuste da temperatura de suprimento não possam ser implementados sem causar operação imprópria dos sistemas de aquecimento, resfriamento, umidificação ou desumidificação;
- sistemas hidráulicos, tais como aqueles requeridos pelo item 5.4.7.1 que usam vazão variável para reduzir o consumo de energia em bombeamento.

## **5.4.8. Equipamentos de rejeição de calor**

### **5.4.8.1 Geral**

O item 5.4.8 aplica-se ao equipamento de rejeição de calor usado em sistemas de condicionamento ambiental, tais como condensadores a ar, torres de resfriamento abertas, torres de resfriamento com circuito fechado e condensadores evaporativos.

Exceções ao item 5.4.8.1:

Dispositivos de rejeição de calor os quais já possuem o uso de energia incluído nos índices de eficiência listados nas tabelas 5.3 a 5.9.

### **5.4.8.2 Controle de velocidade do ventilador**

Cada ventilador acionado por um motor de potência igual ou superior a 5,6 kW deve ter a capacidade de operar a dois terços ou menos da sua velocidade máxima (em carga parcial) e deve possuir controles que mudem automaticamente a velocidade do ventilador para controlar a temperatura de saída do fluido ou temperatura/pressão de condensação do dispositivo de rejeição de calor.

Exceções ao item 5.4.8.2:

- ventiladores de condensador servindo a múltiplos circuitos refrigerantes;
- ventiladores de condensadores inundados (*flooded condenser*);
- até um terço dos ventiladores de um condensador ou torre com múltiplos ventiladores, onde os ventiladores principais estão de acordo com os requisitos de controle de velocidade.

## **6. SIMULAÇÃO:**

### **6.1. Pré-requisitos específicos**

#### **6.1.1. Programa de simulação**

O programa computacional de simulação termo-energética deve possuir, no mínimo, as seguintes características:

- ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios;
- ser validado pela ASHRAE Standard 140;
- modelar 8760 horas por ano;
- modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos e sistemas de ar condicionado, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados;
- modelar efeitos de inércia térmica;
- permitir a modelagem de multi-zonas térmicas;
- para o item 6.2.2, deve ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto;
- caso o edifício proposto utilizar sistema de condicionamento de ar, o programa deve permitir modelar todos os sistemas de condicionamento de ar listados no Apêndice G da ASHRAE 90.1;
- determinar a capacidade solicitada pelo Sistema de Condicionamento de Ar;
- produzir relatórios horários do uso final de energia.

#### **6.1.2. Arquivo climático**

O arquivo climático utilizado deve possuir, no mínimo, as seguintes características:

- fornecer valores horários para todos os parâmetros relevantes requeridos pelo programa de simulação, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar;
- os dados climáticos devem ser representativos da Zona Bioclimática onde o projeto proposto será locado e, caso o local do projeto não possuir arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma região próxima que possua características climáticas semelhantes;

- devem ser utilizados arquivos climáticos e formatos publicados no [www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov) (TRY, TMY, SWEC, CTZ2...). Caso contrário o arquivo climático deve ser aprovado pelo laboratório de referência.

## 6.2. Procedimentos para simulação

*Escopo:* Descreve o método de avaliação da eficiência energética de um edifício através da simulação computacional. Pode ser usado para avaliar edifícios condicionados artificialmente, ou edifícios não condicionados, ou que possuem áreas condicionadas - de longa permanência - menor que a área útil total.

O método da simulação compara o desempenho do edifício proposto (*real*) com um edifício similar (*de referência*), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido. Portanto, dois modelos devem ser construídos: o modelo representando o edifício *real* (de acordo com o projeto proposto) e o modelo de *referência* (de acordo com o nível de eficiência pretendido).

### 6.2.1. Edifícios condicionados artificialmente

Através da simulação, compara-se o consumo do projeto proposto (*real*) com o consumo do projeto de *referência*. Deve ser demonstrado que o consumo de energia do projeto proposto deve ser igual ou menor do que o consumo do edifício de referência.

Para classificação do edifício completo pelo método de simulação, devem ser atendidos os itens 6.2.1.1, 6.2.1.2 e 6.2.1.3. Para classificações visando as etiquetas parciais, o modelo real deve conter as seguintes alterações:

- Etiqueta Parcial da Envoltória: simular com os sistemas de iluminação e condicionamento de ar especificados para o modelo do edifício de referência, de acordo com o nível de eficiência pretendido;
- Etiquetas Parciais da Envoltória e do Sistema de Iluminação: simular com o sistema condicionamento de ar especificado para o modelo do edifício de referência, de acordo com o nível de eficiência pretendido;
- Etiquetas Parciais da Envoltória e do Sistema de Condicionamento de ar: simular com o sistema de iluminação especificado para o modelo do edifício de referência, de acordo com o nível de eficiência pretendido.

Para etiqueta parcial de envoltória, no caso do edifício real prever áreas condicionadas, mas ainda não possuir projeto de sistema de condicionamento de ar, modelar o tipo de sistema indicado na Tabela 6.1, conforme área total condicionada da edificação. Adotar as características gerais descritas na Tabela 6.2 e as características específicas descritas na Tabela 6.3, conforme sistema a ser simulado.

**Tabela 6.1: Tipo de sistema de condicionamento de ar a ser simulado para o caso de edifícios sem projeto de sistema.**

Área total condicionada na edificação	Tipo de sistema
Área < 4.000 m <sup>2</sup>	Expansão direta, split, condensação a ar.
Área ≥ 4.000 m <sup>2</sup>	Água gelada com caixas VAV, condensação a água.

**Tabela 6.2 – Características gerais do sistema a ser modelado.**

Característica	Descrição
Capacidade do sistema	Dimensionar o sistema do modelo virtual para que no máximo 10% das horas não sejam atendidas.
Temperatura de insuflamento	Considerar temperatura de insuflamento com 11°C de diferença para a temperatura de controle do ar ( <i>setpoint</i> ) da zona térmica.
Vazão de ar externo	Adotar as taxas de renovação de ar indicadas na NBR 16401, conforme o tipo de atividade de cada zona térmica. Considerar o ar externo admitido diretamente nas salas de máquinas do sistema de insuflamento, ou seja, desconsiderar potência elétrica para ventilação de ar externo e exaustão de ar interno.
Eficiência	Adotar eficiência nível A para todos os equipamentos do sistema.

**Tabela 6.3 – Características específicas em função do tipo de sistema de condicionamento de ar a ser modelado.**

Tipo de sistema de condicionamento de ar	Característica	Descrição
Expansão direta, split, condensação a ar	Quantidade de sistemas de condicionamento de ar	Definir um sistema para cada zona térmica.
	Potência de ventilação	Modelar a potência de ventilação independente do COP. Considerar ventiladores com pressão estática total de 250 Pa e eficiência de 65%. Manter a vazão de ar constante.
Água gelada com	Potência de	Considerar fan-coils com pressão estática total de 600 Pa



caixas VAV, condensação a água	ventilação	e eficiência de 65%. Manter a vazão de ar variável por meio de caixa VAV em cada zona térmica. Adotar potência do ventilador do fan-coil variável conforme a equação:  $P = 0,0013 + 0,1470 \times \text{PLR} + 0,9506 \times (\text{PLR})^2 - 0,0998 \times (\text{PLR})^3$ Onde: P = fator de ajuste de potência do ventilador em carga parcial. PLR = fator de carga parcial (igual a <i>vazão de ar atual/vazão de ar de projeto</i> ).
	Tipo e quantidade de chillers	Definir a quantidade e tipo de chillers conforme a carga térmica total estimada para a edificação: a) Carga térmica $\leq 1055$ kW: 1 chiller parafuso. b) Carga térmica $> 1055$ kW e $\leq 2110$ kW: 2 chillers parafuso de mesma capacidade. c) Carga térmica $> 2110$ kW 2 chillers centrífugos no mínimo, adicionando novas unidades quando necessário, desde que a capacidade unitária não ultrapasse 800 TR.
	Temperatura de controle da água gelada	Considerar água gelada fornecida a 7°C, com retorno a 13°C.
	Torres de resfriamento	Modelar uma torre de resfriamento com ventilador axial de duas velocidades. Manter a temperatura de saída da água de condensação a 29,5°C e entrada a 35°C.
	Bombas de água gelada	Modelar circuito primário de vazão constante e secundário variável, com potência total de 349 kW/m <sup>3</sup> /s. Modelar uma bomba para cada chiller, operando apenas quando o chiller correspondente estiver em funcionamento.
	Bombas de água de condensação	Considerar potência total de 310 kW/m <sup>3</sup> /s. Modelar uma bomba para cada chiller, operando apenas quando o chiller correspondente estiver em funcionamento.

### 6.2.1.1 Características em comum para o Modelo do Edifício Real e de Referência

Ambos os modelos devem ser simulados usando:

- mesmo programa de simulação;
- mesmo arquivo climático;
- mesma geometria;
- mesma orientação com relação ao Norte Geográfico;

- mesmo padrão de uso e operação dos sistemas; o padrão de uso deve ser de acordo com o uso e ocupação real do edifício;
- mesmo valor de DCI em equipamentos;
- mesmo padrão de uso de pessoas, com o mesmo valor de calor dissipado;
- mesmo tipo de sistema de condicionamento de ar, entretanto deve-se utilizar o COP estabelecido no modelo de referência de acordo com o nível de eficiência pretendido;

#### **6.2.1.2 Modelo do Edifício Real**

O modelo que representa o edifício real deve:

- utilizar todas as características da edificação de acordo com o projeto proposto (transmitância de paredes e coberturas; tipo de vidro,  $PAF_T$ , absorvância de paredes e coberturas, AVS, AHS...)
- no caso do edifício real possuir diferentes sistemas de condicionamento de ar, todos os diferentes sistemas existentes de cada zona térmica devem ser representados;
- no caso do edifício real possibilitar o uso do sistema de condicionamento de ar em somente alguns períodos do ano, a simulação poderá incluir a opção de abertura de janelas com ventilação natural nestas áreas consideradas condicionadas, desde que seja comprovado conforto térmico (de acordo com o item 6.2.2) no período total em que o sistema de condicionamento de ar não foi utilizado nas horas de ocupação;
- utilizar a Densidade de Potência de Iluminação do projeto proposto;
- considerar os dispositivos de sombreamento quando os mesmos estiverem acoplados no edifício proposto.

#### **6.2.1.3 Modelo do Edifício de Referência**

O modelo de referência deve ser simulado, considerando que:

- a envoltória deve atingir o nível de classificação pretendido através do método descrito no item 3. Deve-se utilizar a equação cuja volumetria indicada seja semelhante à do projeto e adotar o valor de IC do limite máximo do intervalo do nível de classificação almejado. Caso o fator de forma do edifício projetado esteja acima ou abaixo do Fator de Forma limite da equação, deve-se utilizar o valor limite;
- na classificação geral, o modelo de referência deve atingir o nível de eficiência pretendido de acordo com a distribuição dos pesos na equação de classificação geral, equação 2.1.
- devem ser utilizados os valores máximos de transmitância térmica e de absorvância solar para o nível de eficiência pretendido, definidos no item 3.1 de pré-requisitos da envoltória;
- deve-se adotar um  $PAF_T$  calculado de acordo com os itens abaixo:
  - a) utilizar a fórmula do IC do item 3.2 referente à envoltória do edifício proposto de acordo com a Zona Bioclimática da localização do edifício;
  - b) adotar  $AVS=0$  e  $AHS=0$ ;
  - c) adotar um vidro simples 3mm, com um fator solar de 0,87;
  - d) o valor de  $PAF_T$  deve ser o maior possível para o nível de eficiência pretendido.
- no caso de existir iluminação zenital, para PAZ maior que 5% no modelo real visando eficiências da envoltória A ou B, o modelo de referência deve possuir PAZ de 2% com vidro claro de fator solar de 0,87;
- a Densidade de Potência de Iluminação deve ser modelada dentro dos limites máximos da tabela 4.1 (item 4), em função dos índices de ambiente e do nível de eficiência almejado (A, B, C, D ou E), e deve ser calculada para cada ambiente separadamente;

- deve-se adotar o mesmo Sistema de Condicionamento de Ar proposto no Modelo Real, sendo que a eficiência do sistema deve estar de acordo com as tabelas do Item 5 em função do nível de classificação pretendido (A, B, C, D ou E);
- O número máximo de horas não atendidas nos modelos (tanto real quanto de referência) é de 10% das horas de funcionamento do sistema de condicionamento de ar.
- A capacidade do sistema de condicionamento de ar dos modelos de referência deve ser dimensionada de forma a atender à exigência das horas não atendidas limite.

### 6.2.2. Edifícios naturalmente ventilados ou não condicionados

Para edifícios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de longa permanência não condicionadas, é obrigatório comprovar por simulação que o ambiente interno das áreas não condicionadas proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas. A Tabela 6.4 indica o equivalente numérico a ser usado na equação 2.1, que pode variar de acordo com o percentual de horas ocupadas em conforto (POC) que foi alcançado na simulação.

Mais de um EqNumV para diferentes ANC (área de piso de ambientes de permanência prolongada não condicionados) podem ser usados na equação.

**Tabela 6.4: Equivalentes numéricos para ventilação natural.**

Percentual de Horas Ocupadas em Conforto	EqNumV	Classificação Final
$POC \geq 80\%$	5	A
$70\% \leq POC < 80\%$	4	B
$60\% \leq POC < 70\%$	3	C
$50\% \leq POC < 60\%$	2	D
$POC < 50\%$	1	E

Na documentação apresentada para a etiquetagem, deve-se especificar qual a hipótese de conforto adotada (ASHRAE 55, ISO 7730, etc.), bem como o atendimento às normas da ABNT de conforto acústico vigentes.

## **7 NORMAS REFERENCIADAS**

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Handbook of Fundamentals, 2005. Atlanta, 2005.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2004: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 2004.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1999: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 1999.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-1989: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings. Atlanta, 1989.

ASHRAE Standard 55 - 2004. Thermal Environment Conditions for Human Occupancy, ASHRAE, Atlanta, 2004.

ARI – AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI 550/590-2003: Standard for Water Chilling Packages Using the Vapor Compression Cycle. Arlington, 2003.

ARI – AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI 460-2000: Remote Mechanical Draft Air Cooled Refrigerant Condensers.

ARI - AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI Standard 210/240 - 2003: Unitary air-conditioning and air source heat pump equipment.

ARI - AIR-CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE. ARI Standard 340/360 – 2000: Commercial and industrial unitary air-conditioning and heat pump equipment.

ANSI/ASHRAE Standard 140-2004 - Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.

CTI ATC – 105 -97 – Acceptance Test Code for Water Cooling Towers.

CTI Standard 201-96 – Standard for Certification of Water Cooling Tower Thermal Performance.

ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

ISO 15099 : 2003. Thermal performance of windows, doors and shading devices - Detailed calculations.

ISO 9050 : 2003. Glass in building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors.

NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão. ABNT, 2004.

NBR 5413 – Iluminância de Interiores. ABNT, 1992.

NBR12010 Condicionador de ar doméstico - Determinação do coeficiente de eficiência energética. ABNT, 1990.

NBR 16401 Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários. ABNT, 2008.

NBR 6488 Componentes de construção - Determinação da condutância e da transmitância térmica - Método da caixa quente protegida. ABNT, 1980.

NBR 15215 – Iluminação natural. ABNT, 2005.

NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. ABNT, 2005.

NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT, 2005.

NBR 6689 - Requisitos gerais para condutos de instalações elétricas prediais. ABNT, 1981.

NFRC 201:2004. Procedure for Interim Standard Test Method for Measuring the Solar Heat Gain Coefficient of Fenestration Systems Using Calorimetry Hot Box Methods. National Fenestration Rating Council. USA, 2004.

Portaria INMETRO/MDIC no 215 de 23 de julho de 2009. Aprovar a revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar.